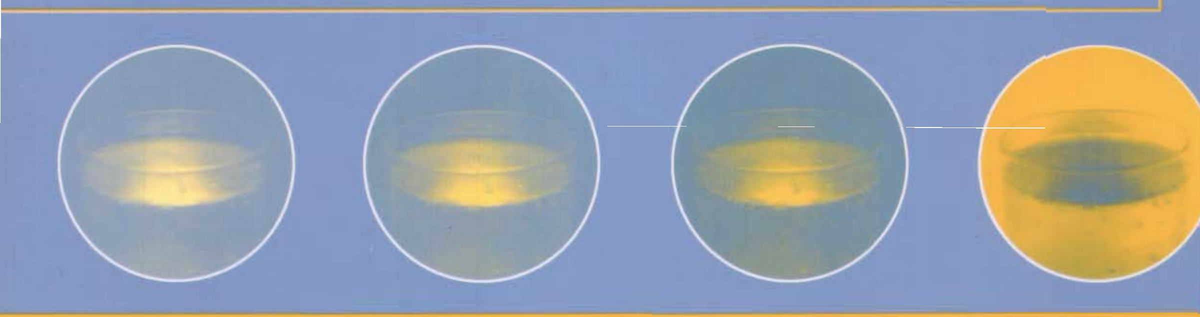
# تقييم السلامة الميكروبية لماء الشرب

## عمليات التحسين والطرق



تأليف

آل دوفور، ماريو سنوز، وولفجانج كوستر،
جيمي بارترام، الترا رونتشي، لورنا فيوترل

ترجمة

أ.د. عبدالوهاب بن رجب هاشم بن صادق



جامعة الملك سعود
النشر العلمي و المطابع

# تقييم السلامة الميكروبية لماء الشرب

## عمليات التحسين والطرق


تأليـــف

آل دوفور، ماريو سنوز، وولفجانج كوستر،

جيمي بارترام، التر رونتشي، لورنا فيوترل

ترجمـــة

أ.د.عبد الوهاب بن رجب هاشم بن صادق

أستاذ التلوث الميكروبي البيئي

كلية العلوم- جامعة الملك سعود





النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣- الرياض ١١٥٣٧- المملكة العربية السعودية

هذه ترجمة عربية مصرح بها من مركز الترجمة بالجامعة لكتاب :

Assessing Microbial Safety Of Drinking Water
IMPROVING APPROACHES AND METHODS
By: Al Dufour, et al


***فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر***

آل دوفور، ماريو سنوز

تقييم السلامة الميكروبية لماء الشرب عمليات التحسين والطرق/آل دوفور، ماريو سنوز ؛ عبد الوهاب رجب هاشم بن صادق- الرياض، ١٤٢٨هـ.

٤٠٠ص ؛ ١٧سم × ٢٤ سم

ردمك: ٥- ٢٠٩- ٥٥- ٩٩٦٠- ٩٧٨

١- مياه الشرب- تحليل ٢- تلوث المياه

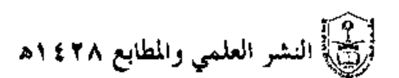
أ. بن صادق، عبدالوهاب بن رجب هاشم (مترجم) ب. العنوان

ديوي ٦٢٨،١٦ ١٤٢٨/ ٧٤٦٩

رقم الإيداع: ١٤٢٨/٧٤٦٩

ردمك: ٥-٢٠٩-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق على نشره، بعد الاطلاع على تقارير المحكمين في اجتماعه الحادي عشر للعام الدراسي ١٤٢٧/١٤٢٨هـ المعقود بتاريخ ١٤٢٨/٢/٧هـ الموافق ٢٠٠٧/٢/٢٥م.



# الإهداء

إلى أحفادي...

بدر

ساره

جود

جنا

*إلى زهور المستقبل هذا الإهداء.*



# تقديم

قال تعالى: ﴿ وَجَعَلْنَا مِنَ ٱلْمَآءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ ﴾ ، الأنبياء (٣٠).

قال تعالى: ﴿ وَإِذِ ٱسْتَسْقَىٰ مُوسَىٰ لِقَوْمِهِۦ فَقُلْنَا ٱضْرِب بِّعَصَاكَ ٱلْحَجَرَ ۖ فَٱنفَجَرَتْ مِنْهُ ٱثْنَتَا عَشْرَةَ عَيْنًا ۖ قَدْ عَلِمَ كُلُّ أُنَاسٍ مَّشْرَبَهُمْ ۖ كُلُوا۟ وَٱشْرَبُوا۟ مِن رِّزْقِ ٱللَّهِ وَلَا تَعْثَوْا۟ فِى ٱلْأَرْضِ مُفْسِدِينَ ﴾ ، البقرة (٦٠).

قال تعالى: ﴿ وَأَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَخْرَجْنَا بِهِۦٓ أَزْوَٰجًا مِّن نَّبَاتٍ شَتَّىٰ ﴾، طه (٥٣).

الحفاظ على المصادر المائية في الإسلام واجب ديني قبل أن يكون نظاماً تشريعياً

هذا الكتاب واحد من سلسلة من المؤلفات المطورّة لتعزيز التطور في المجالات الميكروبية في الإصدار الثالث لمنظمة الصحة العالمية "الخطوط المرشدة لنوعية ماء الشرب" والمرشد لصانعي القرار والمشرعّين والمحامين في مجالات التخطيط والأداء. المجلدات الأخرى تضمن:

- حفظ الماء الجوفي للصحة: إدارة نوعية مصادر مياه الشرب.
- حفظ الماء السطحي للصحة: إدارة نوعية مصادر مياه الشرب.
- نوعية الماء ومعالجة مياه الشرب: أثر عمليات المعالجة على نوعية ميكروبات الماء ووجود الممرضات والمؤثرات في المياه السطحية.
- نوعية ميكروبات الماء في أنظمة توزيع الأنابيب: استعراض استطلاعي وتطبيقي.
- إدارة الماء في المنزل: اكتساب صحة الإسراع من نوعية المياه المحسنة.
- خطط سلامة المياه: إدارة التزود بالمياه العامة للسلامة.

كتب أخرى ذات صلة مباشرة وتتضمن:

**من منظمة الصحة العالمية**

- نوعية الماء: الخطوط المرشدة والقياسات والصحة
- *Legionella* والوقاية من مرض Legionellosis
- مجموعات منفصلة ومتسلسلة من الكتب تتعامل مع إصدارات منبثقة في الماء والأمراض المعدية.
- بكتيريا *Mycobacterium* الممرضة في الماء.

- الصفات الخطرة للممرضات في الغذاء والماء (منظمة الصحة العالمية ومنظمة الفاو)
- نوعية المخاطر للصحة العامة في الخطوط المرشدة لنوعية ماء الشرب: عبء العملية المرضية.

**من منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية**

جلسات منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. التقنية الحيوية لاستخدام الماء والحفاظ عليه: ورشه العمل '96' في المكسيك (١٩٩٧م)

- سعر الماء: الاتجاهات في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (١٩٩٩م).
- التقنية الحيوية الجزيئية لماء الشرب الآمن (١٩٩٨م) (والمتوفر على الموقع www.oced.orglpdf/Mooo14000/Mooo/14623Pdf
- ماء الشرب والأمراض المعدية: تأسيس العلاقات (طبع بواسطة مطابع IWA، ٢٠٠٢م)

# مقدمة المؤلفين

التزود بماء الشرب غير الملائم والنوعية وفقد الصحة يعد من أهم القضايا العالمية والتي تسبب الإعاقة المرضية والفنائية للإنسان.

بالإشارة إلى منظمة الصحة العالمية، فإن تقدير الأمراض الصحية كان ذو تأثير معنوي على صحة الإنسان. حيث أن مرض الإسهال وحده سبب موت ٢,٢ مليون من ٣,٤ مليون؛ بسبب المياه الملوثة كل سنة. العديد من الموتى يشمل الأطفال تحت سن ٥سنوات من العمر والمجمعات والبيوت الفقيرة. المشكلة ليست محصورة في الدول المتقدمة، ففي الدول الأعضاء لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD)، فإن انتشار الأمراض مائية المنشأ تحدث في الجميع تكراراً. علاوة على ذلك، فإن العديد من الأوبئة تظل غير محدودة، وأنه من الواضح تحت تلك التقارير، هناك خلفية غير واضحة لثقل المرض.

الإصدارات ذات العلاقة بالماء كانت عالية في برنامج السياسة العالمية عام (١٩٧٠م)، متبوعاً بالمؤتمر العالمي الأول عن البيئة والذي عقد في Stockholm عام (١٩٧٢م). على أي حال، مع حلول العقد العاشر العالمي للإمداد بمياه الشرب والصحة (١٩٨١- ١٩٩٠م)، فإن الاهتمام بدأ يتضاءل في الدول الصناعية،

الاهتمام وجّه على التلوث الكيميائي كما أن برنامج الاهتمام تحرك بشدة تجاه الإصدارات الأساسية للبيئة مثل التغيرّ في مناخ الأرض، ونقص الأوزون والتصحر.

هناك على أي حال، مستوى زائد للاهتمام العام والخاص عن سلامة المياه، يشحن بواسطة الاهتمام ويرتفع بواسطة انتشار المرض وتمييز عوامل مرضية جديدة والتحديات الظاهرة لحماية الصحة.

أتاح انتشار مدنية Milwaukee عام (١٩٩٣م) تقريباً عن (٤٠٠٠٠ألف) حالة من مرض داء المستخفيات، بوضوح وتحتها خط، كان نتيجة النجاة لانتشار المرض المائي في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية.

سجل انتشار داء المستخفيات في مدينة (Las Vegas) بولاية (Nevada) في ربيع عام (١٩٩٤م) موضحاً الاحتياج لفهم أكثر لفعالية المؤثرات وعمليات العلاج لمراقبة المرضات مائية المنشأ. كما أشارت إلى الاحتياج لإعادة التقدير لفعالية المؤثرات التقليدية وكقواعد لإدارة الخطر، بما أن الانتشار يحدث في الماء المستوفي لقياسات السلامة بواسطة خطوط الترشيد للمؤثر التقليدي وبكتيريا القياس.

الماء والصحة تحركا ثانية إلى برنامج السياسة العالمي كجزء مكثف لفهم التنمية المستدامة. وهذا دليل للإعلان من المنتديات المائية العالمية في مراكش عام (١٩٩٧م) وفي مدينة Hague عام (٢٠٠٠م) ولزيادة التعاون بين المنظمات العالمية، بالإضافة إلى برنامج التعاون بين منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية ومنظمة الصحة العالمية. التمهيد الذي قاد إلى هذا التقرير يعد الإنتاج الأول لذلك البرنامج.

الاحتياج لتحسين التقييم والإدارة لمصادر مياه الشرب في العالم أعطى إضاءة عالية عام (١٩٩٦م) في ورشة عمل (OWCD) في مجال التقنية الحيوية لاستخدام الماء وحفظه في مدينة (Cocyco) في المكسيك، ثم بعد ذلك في عام (١٩٩٨م) فإن (OWCD)

عقدت لقاء دولي في مجال التقنية الحيوية الجزئية لسلامة ماء الشرب؛ وذلك لمراجعة فعالية أنظمة الإمداد بماء الشرب للحفاظ ضد التلوث الميكروبي وللتأكد من القياسات الإرشادية وأنظمة الفحص، وقد أكد ذلك الاحتياج لقياسات إرشادية أحسن وطرق لتقييم سلامة ماء الشرب وللقياسات واستجاباتها للإحداث المعاكسة.

الأكثر أهمية أعطت الأعداد الممرضة والتي لا يمكن على وجه الخصوص تعقبها بواسطة الطرق الاعتيادية، خصوصاً الفيروسات والطفيليات مثل *Cryptosporidium* و*Giardia* ورشة العمل أعطت نقطة توصية تتضمن "التجارة كالمعتاد" ليست طويلاً قابلة للتطبيق الاختياري.

خطوط منظمة الصحة العالمية الإرشادية لنوعية ماء الشرب أعطت قواعد علمية لتطوير قياسات وتشريعات لحماية نوعية ماء الشرب ولصحة الإنسان، حيث تستخدم بواسطة معظم دول العالم كما أنها تحدّث نظامياً استجابة إلى المعلومات الحديثة والتطورات. العديد من اللقاءات منذ عام (١٩٩٥م) أوصت باتخاذ أنظمة وقائية إدارية عملية لمراقبة الأخطار الميكروبية من البداية وحتى المستهلك لماء الشرب.

مظاهر الهيكل الموّحد لتقييم الخطر وإدارته في سلامة الماء تطوّر أيضاً في اللقاء الذي عقد في مدينة Stockhom في عام (١٩٩٩م).

عمليات التناغم الهيكلي تطبيقية لماء الشرب، ومياه المخلفات المستخدمة ونوعية مياه الاستجمام، وتلك تتضمن "خطط مياه سلامة المياه" والبناء على تحليل نقاط التحكم الحرجة (HACCP) وأساس الحد المتضاعف، تلك الوثيقة (طوّرت بواسطة OECD ومنظمة الصحة العالمية) تعتبر واحدة من عمليات خطوط الإرشاد الحديثة.

الطرق منتهية التاريخ لم توّضح فعلياً ولم تمنع الأمراض الشديدة المعوية مائية المنشأ، وهناك معدات ضخمة يمكن استخدامها لتحسين تقييم سلامة ماء الشرب، بينما المعقول لاستخدام كشاف للكائنات الحية الدقيقة لملاحظة التلوث في مصدر الماء لا يزال متردداً في تقدير فعالية المعالجة.

علاج التلوث المتأخر على سبيل المثال يتطلب مؤشرات متضاعفة، حيث لا يعتبر ميكروب مفرد (أو غير موجود) مؤشر قياسي ملائم لتحديد ما إذا كانت الخطوات في عمليات الإنتاج الكلي لماء الشرب تعمل بشكل جيد في كل الحالات، وعليه فإنه من الأهمية إحراز فهم جيد للقاعدة ولعدم الفائدة من القياسات التقليدية والحديثة للكشف وعن الطرق المتاحة لتحليلها، والمعلومات المطلوبة لتأسيس إجراءات علاجية ووقائية فعالة.

المعهد السويسري الاتحادي لعلم البيئة والتقنية (EAWAG) تنبه إلى النداء للاستعراض الرئيس لأهمية المعلومات بالإشارة إلى قياسات الكشف وطرق الفحص ذات العلاقة في مراقبة سلامة ماء الشرب من الميكروبيات، تحت مسئولية المعهد القيادية، فإن الأستاذ الدكتور Alexander Zehnder مع الدعم السخي من (EAWAG)، تم طرح المبادرة لتطوير إرشاد موثّق لتحديد مثل هذا الاحتياج، مع التعاون مع (OEXD) ومنظمة الصحة العالمية، المسئول عن هذا التعاون الموثق كان Dr. Wolfgang koster وDr. Mariosonzzi من (EAWAG) وDr. Jamie Bartram من منظمة الصحة العالمية و Dr. Elettra Ronchi من (OECD) وDr. AlDufour من وكالة حماية البيئة الأمريكية. النجاح الخارجي لهذه المبادرة كان على أي حال للجهد الاستثنائي الذي عمل بواسطة جهد العلماء العالميين.

الدعم المادي من مجلس الصناعة للتنمية (ICD) للاستعراض والتوثيق المتقدم للتطور كان أيضاً ذو أهمية قيمة. كما أن مساعدة الخبير التحريري Dr. lorna Fewtrell ومساعدة السكرتارية Alysia Ritter لا تثمن.

## هدف التوثيق

يهدف هذا التوثيق الاسترشادي الخطي إلى الاستجابة إلى الاحتياج لتحسين التقييم والإدارة للسلامة الميكروبيولوجية لماء الشرب، وعن طريق البعد من استخدام الكشف البسيط بأداة لإثبات السلامة (أو بطريقة أخرى) للناتج النهائي من خلال استخدام النتائج كقواعد لفعاليات الإدارة الخطرة.

اختبار الناتج النهائي جاء متأخراً للتأكد من سلامة ماء الشرب، المطلوب في الطبيعة بالنسبة للعينات الميكروبية والفحص الحالي، والذي مثالياً زوّد بنتائج فقط بعد توزيع الماء وغالباً استهلكت وعليه، فإن هذه الوثيقة أعطت إرشاداً في التطبيق الملائم لقياسات الكشف للتأكد من سلامة ماء الشرب وللإبلاغ بالحكم عن الخطر الإداري، مع التأكد على مراقبة التلوث البرازي، كما أنه يقدم إرشاداً في كيفية اختيار واستخدام الكواشف المتعددة للوصول إلى معلومات معينة كتأييد للتطبيق الآمن خلال نظام الماء الكلي: حفظ ابتدائي، وتقييم مصدر نوعية الماء، وفاعلية تقييم المعالجة، كشف نوعية ماء الشرب في جهاز المعالجة المتبقي وفي نظام التوزيع. كما يقدم استعراضاً كاملاً للمؤشر التقليدي ومؤشر الكائنات الحية الدقيقة وتقنيات ناشئة.

الطريقة المشروحة هنا تحتوي على عناصر لكلا الثورة والتقدير، وهي ثورية في كونها تعزز نشوء عملية سريعة والتي تحقق المتطلب للتغيير من مؤشر ميكروبي مفرد، والتي تستخدم ابتدائياً للكشف عن الناتج النهائي لتحديد النوعية الصحية، إلى

كواشف متضاعفة تتضمن فهرست ومؤشرات ميكروبية مع منظور إداري واسع مدمج وهيكل لإدارة الخطر. كما أنه تقدير في كون العملية تبنى فوق حاجز لعملية متضاعفة وفي جسم لحصاد معلوماتي من الدراسات العلمية ومفحوصة في الطبيعة وتحت تصرف كلا الممرضات والمؤشرات الميكروبية في أنظمة الماء وبين العلاقة بين المؤشرات الميكروبية والـمُمرِضات.

الفصل الأول يفحص المشهد، ويشرح المشكلة ويؤسس الاحتياج للكشف، كما أنه يختصر قصة الكواشف لمؤشر البراز ويشرح مختلف المعلومات المطلوبة الاستخدام لمدى من الكواشف لتقييم الاختيار لفاعلية العملية والسلامة التشغيلية والتي تم إيجازها في الفصل الثاني.

الفصل الثالث يبحث في استخدام الكشف الميكروبي في تقييم الخطر.

الفصل الرابع والخامس والسادس يوّفر إرشاد في كيفية استخدام مدى واسع من الكواشف والتي يجب أن توضع للاستخدام.

الفصل الرابع يشرح المميزات التمهيدية ومصدر تقييم نوعية الماء. الفصل الخامس يبحث في فاعلية المعالجة والفصل السادس في اختبار استخدام مؤشرات الكواشف للكشف عن نوعية ماء الشرب خلال التخزين والتوزيع.

الفصل السابع يركّز على دراسة الماء خلال انتشار المرض والحوادث الخارجية، مع حالة دراسية توضّح استخدام مختلف الكواشف لأغراض محددة.

الفصل الثامن يقدم رؤية عليا لمختلف تقنيات التحليل لتحديد أعداد فهرسية للبرازيات والمؤشر البكتيري بالإضافة إلى اختيار عينات الممرضات المائية.

يتضمن قواعد (أساسياً بيولوجيا جزيئية) تقنيات ومختصرات لمميزات ثم إنجازها لطرق مختلفة مع اعتباراتها الاقتصادية (قمة المخالفات البنائية والاستهلاكية ومستوى التدريب التقني للأعضاء).

**التحديات للقرن الحادي والعشرون**

الوثيقة رسمت اهتمام تحديات مهمة بالإشارة إلى صيانة وإدارة سلامة ماء الشرب وخصوصا الاحتياج إلى تطوير نظام تنبؤ يحذّر من وضع الأخطار القريبة والوقت الممكن والثمن الفعال لتصحيح الوضع. ربما التحدي الأعظم هو إعادة تحديث إدراك إعادة التدفق والممرضات الناشئة مع المقاومة العالية للمعالجة والتي تعتبر خطر معنوي، ليس فقط في البلاد قليلة التطوّر، ولكن في البلدان عند كل مستويات التنمية الاقتصادية والصناعية.

الحذر من دخول مثل تلك الميكروبات تم تطويره ابتدائياً بسبب الانتشار المعنوي المحلي. العامل المسبب يتحقق منه فقط عند نصف الانتشار المطلوب نظراً للنقص في طرق الكشف أو للنقص في تطبيقاتها. التطبيق الناشئ للطرق الجزيئية، بينما ربما أنه غير ملائم للكشف الروتيني، يظهر أنه يؤدي إلى إسهام معنوي في هذا المجال.

النقص في الطرق العملية لملاحظة وتقدير العديد مثل الكائنات الحية الدقيقة على الصحة أيضاً تتصل مباشرة إلى توّفر طريقة ملائمة للكشف في تاريخ الميكروبات الجيني الماضي، حالياً فإن الأدوات لتمييز الميكروبات توفرت.

كلا الأدوات الجينية (قواعد الأحماض النووية) والمناعية متاحة وبعض تقنيات الجزيئات يظهر أنها ذات مستقبل على وجه الخصوص، على سبيل المثال، فإن النوع الجيني أو الوصف الجزيئي يعد قوى لإدارة جديدة لتحديد مصدر التلوث الميكروبي،

كما أنه أيضاً ذو استخدام تقليدي للكشف عن Cryptosporidium في بعض الدول في الأفق، كما في الفصل الثامن، فإن الطرق تعتمد على الترتيب الدقيق والحس الحيوي.

التقدم في أشباه الموصلات والحواسيب متوقع أن تتيح للجيل الحيوي الميكروبي التالي وأن تكون صغيرة وبسيطة الرسم، كما يتوقع أن تكون سريعة الاستجابة.

وعليه فإن المستقبل يمتلك تقنيات جديدة واعدة لملاحظة كلا الممرضات المتواجدة والناشئة. بالإضافة إلى أن العديد من التحويرات تظل مواصلة لسلامة جميع ماء الشرب.

المصادر مطلوبة لزيادة الاستخدام الأمثل لتقنيات الجزيئات الحديثة في خطوط الأنابيب. التقدم في تقنيات الجزيئات الحديثة لا بد أن يشّجع ويرّشد، على أساس أنها تقدم أمل جيد لملاحظات محسّنة وسريعة للملوثات الميكروبية في الماء.

# مقدمة المترجم

هذا الكتاب يعد ضمن سلسلة من الكتب والإصدارات المتنوعة في مجالات المياه وما يتعلق بالمياه الجوفية والسطحية ونوعية مياه الشرب وحفظ سلامة المياه والمؤشرات الميكروبية للتلوث المائي بالإضافة إلى العديد من المواضيع المائية المختلفة.

وقد تم اختيار هذا الكتاب للترجمة نظراً لاحتوائه على العديد من الفصول ذات الاتصال الوثيق بتموجات المياه المختلفة بالإضافة إلى حاجة المكتبة العربية لهذا النوع من الكتب المتخصصة في مجال المياه وسلامتها.

لا بد من التأكد على أهمية المياه والحفاظ عليها وصّونها من كل ما يسبب لها التلوث وخصوصاً في منطقة الخليج العربي والتي تعاني من شح شديد في المصادر المائية بالإضافة إلى اعتمادها بعد الله عز وجل على تحلية المياه المالحة والتي تتطلب المزيد من العناء والجهد والتكلفة العالية.

لا بد أيضاً من التأكيد على أن الإسلام حدد بوضوح أن ((الحفاظ على المياه في الإسلام واجب ديني قبل أن يكون نظاماً تشريعياً)) وهذا ما دلت عليه الآيات القرآنية والأحاديث النبوية المطهرة وللاستزادة في هذا المجال عليك عزيز القارئ الرجوع إلى كتاب ((الإدارة المائية في الإسلام)) لمؤلفه (ISBN:92-808-1030-7, Foruqui *et. al.*, 2001).

يقدم هذا الكتاب للقارئ إن شاء الله تعالى ضمن فصوله الثمان، مواضيع متعددة وقيّمة في مجال سلامة مياه الشرب وقياسات التقييم لنوعية مياه الشرب وتقييم المخاطر وفعالية المعالجة والكشف عن نوعية مياه الشرب خلال عمليات الخزن والتوزيع بالإضافة إلى الكشف عن مؤشرات التلوث الميكروبي لمياه الشرب وطرق التحاليل الميكروبيولوجية لفحص نوعية مياه الشرب.

أرجو من الله العلي القدير أن أكون قد وفقت لاختيار هذا الكتاب لترجمته وأن يكون من ضمن العلم المنتفع يوم لا ينفع مال ولا بنون إلا من أتى الله بقلب سليم وبالله التوفيق.

**المترجم**

# المحتويات

# سلامة مياه الشرب: التحدي المستمر

***G.J.Medema, P. Payment, A.Dufour, W. Robertson, M. Waite, P. Hunter, R. Kirby and Y. Anderson***

## (١,١) المقدمة

### (١,١,١) تفشي الأمراض مائية المنشأ

تتعلق الجودة الميكروبيولوجية لماء الشرب بالمستهلكين والإمداد المائي والأنظمة ورسميات الصحة العامة معاً. كما أن قدرة ماء الشرب على حمل الميكروبات المرضة إلى مجاميع كبيرة من الناس، يسبب أمراضاً متعاقبة، وموثقة في الدول عند كل المستويات المتطورة اقتصاديا. تفشي *Cryptosporidiosis* عام (١٩٩٣م) في مدينة Milwaukee وWisconsin في الولايات المتحدة الأمريكية قدّم مثالاً جيداً لذلك. تم تقدير حوالي (٤٠٠,٠٠٠ألف) حالة مفردة تعاني من أعراض المعدة والأمعاء، وفي نسبة كبيرة للحالات منسوبة إلى *Cryptosporidium* وهو عبارة عن حيوان أولي طفيلي (Macltenzie *et al.,* 1994)، على الرغم من أن التقارير اللاحقة اقترحت أن هذا ربما يكون تقدير معنوي عالي (Hunter and Syed, 2001)، والأكثر حداثة للتفشي تضمن *OIS7: H7 E.coli*، حيث إن معظم الخطر حدث في مدينة Walkerton (Ontario Canada), في ربيع عام (٢٠٠٠م)، ونتج عنه ست وفيات وأكثر من (٢٣٠٠) حالة (Brace – Grey – Owon

(Saund Health Unit, 2000. العدد المتفشي والذي سُجل خلال العالم أوضح أن انتقال المرضات بواسطة ماء الشرب يظل معنوياً لإحداث المرض. على أي حال، فإن تقدير المرض المعتمد كلياً على ملاحظة التفشي والذي يظهر أنه غير مقدّر للمشكلة.

النسبة المعنوية للأمراض مائية المنشأ يظهر أنها غير ملاحظة تحت إشراف المرض المعدي وأنظمة التقارير. الأعراض لمرض الأمعاء المعدي (غثيان، إسهال، قيء، ألم بالبطن) والتي عادة تكون معتدلة وعموماً تظل فقط لأيام قليلة إلى أسبوع، وفقط فإن نسبة مئوية من أولئك المتأثرين يمكن رؤيتهم بواسطة الطبيب.

من خلال تلك، فقط نسبة ثانوية سوف تفحص مجهرياً والفحص عادة يبدأ بممرضات الغذاء البكتيري. أعداد تقارير التفشي تختلف جوهرياً بين الدول (Stenstrom, 1994) حتى من متشابه المقارنة، مثل الدول الإسكندنافية (النرويج، والسويد، والدنمارك، وفنلندا).

في العديد من الحالات، فإن هذه يظهر أنها تعكس فعالية أنظمة التقارير أكثر من الاختلاف الحقيقي في العدد (أو الحجم) للتفشي.

معظم الحالات المتقطعة لأمراض الأمعاء مائية المنشأ لا يمكن ملاحظتها أو إذا تمت ملاحظتها ربما تلاحظ كعلامة مائية. في الدول الصناعية، فإن ماء الشرب والذي يحقق القياسات النوعية للماء الحالي ربما يظل ملاذاً لتراكيز منخفضة من الكائنات الحية الدقيقة المرضة، وهذه سوف تحدث مرضاً لمرضى من خلال جماعة الخدمة. من الصعوبة نسب هذه الحالات المتقطعة لماء الشرب، وكما دفنت مع مستوى المستوطن للمرض والمدوّر في الحماية خلال مسالك نقل أخرى (شخص- شخص، غذاء واحتكاك بحيوان). هنالك على أي حال، معلومات من نقل المرض خلال ماء الشرب ثبت حدوثها (Payment *et al.* 1991, 1997; Isacc-Renton *et al.*, 1996).

### (١,١,٢) العبء المرضي عالي

حاول العديد من الباحثين تقدير العبء الكلي للمرض مائي المنشأ في معظم العالم. سجل (Huttly, 1990) أن العدد الكلي يصل إلى (١,٤) مليون مرض سنوياً للإسهال في الأطفال تحت خمس سنوات من العمر، مع تقدير لحوالي (٤,٩) ملايين من الأطفال يموتون كنتيجة (على الرغم من تلك مراجعة إلى كل الحالات للإسهال وليست فقط إلى حالات ذات علاقة مائية). بينما (Pruss et al., 2002) قدّر أن الماء وعمليات التعقيم والصحة قد تكون مسؤولة عن (٤٠٪) من حالات الموتى و(٥,٧٪) من جميع أحمال المرض التي تحدث عالمياً (محسوبة لأمراض الإسهال، والفصام، والتراخوما، والإسكارس، وداء الشعريات، ومرض دودة الإنكلستوما). بوضوح فإنه في الدول والتي فيها العدد الأكبر من السكان لا يملكون القدرة على سلامة ماء الشرب، فإن العدد الجوهري لحالات الإصابة سوف تكون من الأمراض مائية المنشأ، وقد أختتم (Hunter, 1997) تقديره بأن الأمراض مائية المنشأ ربما تحتسب لثلث الإصابات المعوية في العالم كافة.

الأمراض مائية المنشأ ليست محصورة مع الدول المتطورة، فقد حاول (Morris and Levine, 1995) تقدير عبء مائية المنشأ المرضة سنوياً في الولايات المتحدة الأمريكية، وقد أشارا إلى أن حوالي (٥٦٠,٠٠٠ألف) شخص ربما يعانون من حالات متوسطة إلى شديدة من الإصابة بمائية المنشأ كما أن (٧,١) ملايين يعانون قليلاً إلى متوسطةٍ من إصابة مائية المنشأ سنوياً. كل حالات الإصابة بمائية المنشأ ربما تقود إلى تقدير لحالات وفاة (١٢٠٠) كل سنة. وحتى إذا كانت هذه الأرقام الغليظة فوق معدلات التقدير، فإن كلا عبء الصحة والاقتصاد لا بد من اعتبارهم حتى في التجمعات الصناعية (Payment, 1997).

الأمراض لا بد أن تكون بتكرار متساعدة مع الماء لإصابات داخلية (مثل إصابات الإسهال) والتي أيضاً تكون مرتبطة بالغذاء (Mead *et al*., 1999) في العديد من الحالات، كما أن المرض سوف يختفي نسبياً ويكون محدد ذاتي. على أي حال، فإن نسبة الإصابة السكانية سوف تعاني أكثر وبشدة وخصوصاً عندما لا يتواجد نظام الرعاية الصحية. العديد من الممرضات مائية المنشأ مثل *Vibrio cholerae*، وفيروس الكبد الوبائي (E) و*Escherichia coli* OIS7: H7 ذات معدلات وفيات عالية (Hunter, 1997). في حالات تفشي الكوليرا الحديثة على سبيل المثال، فإن معدلات الوفاة كانت عموماً (٣- ١٪) ويمكن أن تكون عالية من (٨- ٢٢٪) لإصابات فيروس الكبد الوبائي (E) والذي ربما يقود إلى كبد وبائي فجائي قاتل في (١- ٢٪) من الحالات، ومع النساء الحوامل فقد بدأت خصوصاً لخطر أعلى وشديد الخطورة.

الإصابات بمائية المنشأ بالبكتيريا *E. coli* 0157: H7 تتزامن مع تدفق الدم لغشاء القولون المخاطي وأعراض تبولن البول الدموي، كلاهما أمراض خطيرة، مع حدوث الأخير خصوصاً عند الأطفال. معدل الموت لتفشي مائية المنشأ حوالي (١,٦- ٣٪). (Hunter, 1997; Bruce - Grey - Owen Sound Health Unit, 2000) في عام (١٩٩٠م)، وهذا الدليل على أن الإصابة الميكروبية تتزامن مع المرض المزمن والذي بدأ في التراكم، كما أن العديد من الممرضات مائية المنشأ تتزامن مع داء العقبول (مثال المرض الشديد أو المزمن أو المرض المرتد الذي يظهر طويلاً بعد التعرض الأولى إلى الماء الملوث). الأمثلة لداء العقبول والتي ربما باحتمال تتزامن مع المرض مائي المنشأ الحاد تتضمن:

- داء البول السكري والمرتبط بفيروس Coxsackie B4 (Roivainen et al., 2000; Horwitz *et al*., 1998)
- داء التهاب العضلة القلبية والمرتبط بفيروس Echo (Ferreira Jr., 1995; Shanmugam *et al*., 1986)

- أعراض مرض Guillian-Barre والمرتبط بالبكتيريا .*Campylobacter* spp (Prendergas and Moran, 2000)
- سرطان المعدة والمرتبط بالبكتيريا .*Helicobacter* sp (Uemura et al., 2001)
- التهــــاب المفـــاصل الإنجعـــاعي والمرتبـــط بالبكتـــــيريا .*Klebsiella* sp (Ebringer and Wilson, 2000)

مع استثناء البكتيريا *Klebsiella*، فإن ارتباط هذه الميكروبات مع المرض مائي المنشأ والمرض المزمن قد تم معرفته. وأكثر الارتباطات بين المرض مائي المنشأ، والمرض الحاد لا يمكن معرفته كلية ولكنها تخمينات عالمية (Hunter, 1997).

**(١,١,٣) الممرضات الجديدة الناشئة**

طرز التغيّر في الإصابة للزمن الإضافي- مسؤولية الصحة العامة ويمكن مواجهتها مع الاكتشاف الجديد أو الممرضات الناشئة والتي ربما تكون ذات قدرة على إنهاك العديد من العوائق للمعالجة المائية وأنظمة التوزيع.

تعرّف الممرضات الناشئة على أنها كائنات حية دقيقة مسؤولة عن الأمراض المعدية والتي تظهر أو تزداد في حدوثها خلال العقدين الماضيين (CDR, 1998) الإصدارات في مجال نشوء الممرضات جاء إلى المقدمة في عام (١٩٩٠م) عندما تم اكتشاف الإمداد المائي فجأة بكائنات حية دقيقة مفردة وأساسية وغير معروفة، وهذا يظهر أنه عند الاستمرار مستقبلاً لمثل تلك النشوءات أو إعادة النشوء ترتبط بالزراعة الضخمة وزيادة النمو والهجرة السكانية للإنسان وتغير المناخ (Us Department of Health and Human Servies, 1998; WHO, 1998). الأمثلة عن الممرضات المعوية الناشئة عن مائية المنشأ تتضمن فيروسات Calici، و E. coli وOIS7:H7، و*Helicobacter* sp، و*Mycobacterium avium* complex (MAC)، و الحيوان الأولي .*Cryptosporidium* sp و.*Cyclospora* sp و.*Toxoplasma* sp.

هذه المشكلة تتطلب لجنة ثابتة في معاني ما الذي سيربط الحديث، أيضاً هناك تطور ثابت مع اعتبارات عملية وتقنيات للملاحظة مثل هذا التهديد. وكما تمت ملاحظته بواسطة (Lechevallier *et al.*, 1999)، فإن المعرفة تعتبر الخط الأول للدفاع من أجل الاحتياطات بسلامة ماء الشرب.

## (١,٢) قصة جعل الماء سليماً

كان ذلك الإدراك في عام (١٨٠٠م) حيث لوحظ أن البكتيريا تعتبر عوامل إمراض، تزامناً مع التطور في علم البكتيريا ومنذ أن تم استخدامها كأدوات لتقدير نوعية المياه والمعالجة.

أساسياً، لا ممرضات يمكن إدراكها والمستخدمة كمؤشر أن التلوث قد أخذ مكانه، ومثل ذلك، فإن هناك خطراً على الصحة العامة. الاحتياج مكّن من تقييم نوعية الماء، كما أن الواقع أن معظم الممرضات في ماء الشرب برازية مشتقه وأن تحرك الهدف الممثل بواسطة الممرضات ناتج من فكرة قياس المستويات العامة للتلوث البرازي ونشوء فكرة المؤشر.

وجود البكتيريا متباينة التغذية والتي تقاس بواسطة عد المستعمرة متبوعاً بالنمو على بيئة الجيلاتين ثم استخدامه منذ أواخر القرن التاسع عشر الميلادي للكشف عن نوعية المياه العامة، بالإضافة إلى كفاءة وفعالية غشاء الرمل البطيء.

افترض (koch, 1893) (انظر الصندوق رقم ١,١) أنه إذا كان تدفق غشاء الرمل البطيء يحتوي على أقل من ١٠٠ خلية بكتيرية/مل، فإن الماء يكون صالحاً للشرب ويظهر أنه لا خطر لمرض الكوليرا أو التيفوئيد. العديد من النتائج مهدت الطريق لهذا التطور. كتاب الكائنات الحية الدقيقة في الماء، على سبيل المثال لمؤلفه (Franklands, 1894) يحتوي على العديد من النتائج المهمة والمشتملة على:

- عدد البكتيريا في الماء يوضح قياس التلوث، وأن عدد البكتيريا في ماء البحر والماء الجوفي وماء البحيرة لا بد وأن يكون أقل من ١٠٠ /مل.
- الغشاء الرملي البطيء قلّل من عدد البكتيريا من ماء النهر بواسطة أكثر من ٩٠٪إلى أقل من ١٠٠ /مل.

وعليه فإن ١٠٠خلية بكتيرية/ مل أصبحت القياس للمستوى في العديد من الدول الأوربية والتي يتوقع منها هدف ممكن إحرازه، بينما في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا فإنه حوّر إلى ٥٠٠خلية بكتيرية/مل كخط استرشادي. على الرغم من أن مستوى البكتيريا متباينة التغذية في ماء الشرب لا يرتبط إلى التلوث بواسطة الممرضات، فإنه لا يزال يظهر في معظم القوانين المحلية على نوعية ماء الشرب كمؤشر لكل النوعية للماء (Van derkooij, 1993; Anon, 1999).

**الصندوق رقم (١,١). منع نقل المرض: السنوات المبكرة.**

مبكراً مثل عام (٤٠٠م)، فإنه قد تم ملاحظة أن الماء الملوث يرتبط مع الزمن (Whitlock، ١٩٥٤م)، الملاحظة الأولى أن المرض قد انتقل بواسطة الماء ليأخذ مكانه لأكثر من (٢٠٠٠م) سنة فيما بعد، عند وبائيات الكوليرا الأولى، والتي نشأت في الهند وأوروبا ونتج عنها العديد من الضحايا. في الوقت نفسه كان يعتقد عموماً أن المرض قد انتشر خلال الرائحة الفاسدة. قياسات الوقاية اتخذت ضد تلك الرائحة.

عالم الأوبئة الشهير (Snow Joh، ١٨٥٥م) درس تفشي الكوليرا في بريطانيا، وقد وجد في العديد من الحالات أن الصرف الصحي أو تربة الليل قد لوثت ماء الشرب في الآبار كما أن حالات الكوليرا قد سحبت من الماء. لم تسجل حالات الكوليرا في العوائل التي يأتي منها الماء من الآبار غير الملوثة. في شهري أغسطس وسبتمبر (١٨٥٤م)، فإن وباء الكوليرا قد تفشى في لندن مع (٥٠٠) حالة وفاة لمعدل يصل إلى (٢٥٠) ياردة. بواسطة التحليل الدقيق والنظامي، فإن العالم (Snow) لاحظ أنه فقط عامل محدد لاستهلاك الماء من مضخة الشارع الوسيع لحالتين من الأدلة شديدة الأثر، الأولى، رجل من (Brighton) جاء لزيارة أخيه المريض بالكوليرا، الأخ قد مات والأخ ظل في المنزل لحوالي فقط (٢٥) دقيقة ويمكن أنه شرب شراب مسكر وماء، في اليوم التالي مات بالكوليرا. الثانية، امرأة تعيش في الجزء الآخر من لندن،

**تابع الصندوق رقم (١,١)**

ويمكن تفضل طلب الماء إلى منزلها من مضخة الشارع الوسيع حيث أن الناقل جمع الماء عند مضخة الشارع الوسيع وجلبه لمنزلها، المرأة وابنة أختها شربا من الماء وماتا بالكوليرا خلال يومين.
بدأ التفشي عند (٣١) أغسطس، حيث أعتقد أن البئر ملوث بالمجاري المحلية والتي تستقبل الماء من المنزل حيث تمت إصابة طفل بالكوليرا في (٢٨) أغسطس. أوضح العالم (Snow) أن نقل الكوليرا كان من بعض «المادة الممرضة» للكوليرا البرازية والتي ربما لوثت ماء الشرب وتم إعادة نشاطها في الشخص الذي شرب ذلك الماء (Snow، ١٨٥٥م). بعد حوالي (٣٠) سنة، طوّر العالم (Koch Robert) بيئة صلبة لحصاد بعض الكائنات الحية الدقيقة كما أوضح أن البكتيريا مادة ممرضة والتي وصفت بواسطة (Show)، حيث تم عزل البكتيريا التي تسبب الكوليرا من براز أشخاص مصابين من الماء، ثم كشف أن استهلاك الماء الملوث ربما يحدث الكوليرا (Koch، ١٨٩٣م). صيغة نقل مشابهة تم شرحها لحمى التيفوئيد بواسطة (Budd William، ١٨٧٣م)، في عام (١٨٨٠م) اكتشف (Eberth) أن التيفوئيد تم إنتاجه بواسطة بكتيريا typhi Salmonella ثم بعد أربع سنوات تم عزل (Gaffky) وزرع ميكروب المرض (Levine and Edelman،١٩٨٦م). اهتمام أساسي متلاحق في دور الماء في نقل المرض ثم التركيز عليه أساسياً في هاتين الحالتين من الإصابة.

وصف الارتباط بين التلوث البرازي للماء ونقل التيفوئيد والكوليرا أعطى اهتمام في النهاية للعقد التاسع عشر الميلادي لنوعية الماء وحجم نقائه. ثم بعد ذلك أصبح واضحاً من العديد من الدراسات إن استخدام مصادر المياه غير الملوثة أو الماء المعامل معنوياً يقلل حدوث المرض ومن الوفيات، خصوصاً في معاني الكوليرا والتيفوئيد. مثال جيد والتي تم تقديمه من وباء الكوليرا في Hamburg عام (١٨٩٢م)، حيث عانت المدينة من الوباء حيث نظراً لإصابة أكثر من (١٧٠٠٠) شخص وحوالي (٨٥٠٠)شخص ماتوا (بنسبة تصل إلى ١٣٪ من عدد السكان). المدينة استخدمت الماء من نهر (Elbe) للشرب حيث إن التطهير كان الترسيب في ثلاث خزانات فقط. المدينة المجاورة (Altona) تستخدم نفس ماء النهر (مع إضافة مجاري مدينة (Hamburg))، ويمكن يوجد بها غشاء رملي بطيء. فقط قليل من الناس من مدينة (Altona) وقع تحت الكوليرا، كما أن معظمهم سافر إلى (Hamburg) (Koch،١٨٩٣م). بعد سنة، سجلا (and Millsal Reinke) تقرير لتحسين المجتمع الصحي بعد معرفة مصدر التلوث لماء الشرب والذي تم استبداله بواسطة الآخر غير الملوث (White، ١٩٩٩م).

دراسات أخرى قامت على فكرة المؤشر البرازي. في عام (١٨٨٥م)، حيث إن البكتيريا *Escherich* كشفت العديد من الكائنات الحية الدقيقة في براز حديثي الولادة والأطفال الرضع.

وهذه تضمنت المسوّطة وعصوية الشكل من الكائنات الحية الدقيقة التي يمكن أن تسبب تخثراً للحليب، والتي أطلق عليها *Bacterium coli* Commune (والتي يشار إليها عادة *Bacterium* أو *Bacillus coli*). لاحظ أنه خلال أسابيع قليلة بعد الولادة، فإن هذه البكتيريا تصبح كائناً حياً دقيقاً مستوطناً في أمعاء الرضيع. بعض الباحثين لاحظوا أن تلك الكائنات الحية الدقيقة تتواجد مع وصف *Escherichs* للبكتيريا *Bacterium coli* والتي وصفت في كونها من مكونات فلورا البراز، كما أن وجودها في الماء ربما يؤخذ "كمؤشر لوجود التلوث البرازي ومن ثم الأقوى لوجود الممرضات المعدية".

## (١,٢,١) التنقية

فكرة مؤشرات الفحص الميكروبي للتلوث البرازي استخدمت في التطور مباشرة بعد شرح البكتيريا Bacterium coli، فإن بكتيريا سالبة لصبغة جرام تخمرّ سكر اللبن تم عزلها من البراز والماء.

البكتيريا *Klebsiella* عام (١٨٨٢م) و *Aerobacter* (تسمى الآن *Enterobacter* عام ١٨٩٠م) منذ عام (١٩٠١م)، فإن هذه البكتيريا تم تصنيفها تحت مسمى بكتيريا القولون، القولونية تصنف على أنها سالبة لصبغة جرام، لا تكوّن جراثيم، كما أنها اختيارية لا هوائية عصوية، تخمرّ سكر اللبن مع إنتاج غاز وحمض خلال (٤٨) ساعة عند (٣٥°م). التصنيف اعتمد على طرق الملاحظة والتي أتيحت للعزلة البسيطة وتعداد القولونيات. عندما تم تطبيق هذه الطريقة، فإنه أصبح حالاً ظاهرياً أن العديد

من الأجناس والأنواع والتي تطابق وصف بكتيريا القولون ليست أو فقط نادرة، بالإشارة إلى التلوث البرازي (Geldreich *et al.*, 1962; Mack, 1977).

تحت ظروف محدودة فإنها قادرة أيضاً على التضاعف في البيئة المائية، وهذا قلّل من قيمتها كمؤشر للتلوث البرازي.

في ذلك الحين، فإن (Eijkman, 1904) أدخل تعديلات للفحص المعملي والمتضمن تحضين لدرجة حرارة عالية والذي حسّن نوعية المؤشر. التحويرات الإضافية لهذه الطريقة حسّن طريقة الكشف لهذه القولونيات المقاومة للحرارة (أيضاً أطلق عليها القولونيات البرازية، على الرغم من أن هذه ليست وصفاً دقيقاً (انظر الفصل الثاني).

على الرغم من أن هناك تخصصاً معنوياً كبيراً للتلوث البرازي، فإن هذا القياس أيضاً ذو عيب مشابه. أصبح من الملاحظ أن البكتيريا الأخرى (معظمها *Klebsiella*) والتي تطابق الوصف للقولونيات مقاومة الحرارة، والناشئة من البيئات غير البرازية، مثل الورق المطحون أو المخلفات المائية لبطاطس المصانع، بالإضافة إلى بعض النفايات المائية للكربوهيدرات العالي (Dufour and Cabelli, 1975). أخيراً تمت ملاحظة أنه من خلال القولونيات مقاومة الحرارة مثل *Escherichia coli* والتي تعد المؤشر المفضل للتلوث البرازي (Dufour, 1977)، كما أنه عضو مجموعة القولون والتي توجد ثابتة في البراز كالحيوانات ذات الدم الحار ويفوقه عدداً القولونيات مقاومة الحرارة الأخرى في براز كل من الإنسان والحيوان. كائنات حية دقيقة أخرى تم اقتراحها كمؤشرات ميكروبية للتلوث البرازي (انظر الفصل الثاني)، مثل البكتيريا *Enterococci* (أطلق عليها سابقاً *Streptrococci* البرازية) ولاقمات الكولاي ومختزلة الكبريتات الجرثومية Clostridial.

على الرغم من أن البرازية المشتقه القولونية، فإن القولونيات مقاومة الحرارة أو E. coli تمتلك العديد من العوائق، فإنها قصصياً ذات استخدام نافع، كما أنها وبدون شك، تعتبر من أكثر الميكروبات للقياسات المهمة لاختيار نوعية ماء الشرب. أدى استخدامها إلى تحسينات معنوية لسلامة ماء الشرب بتوسع في العالم، كما أنها مختارة لدى منظمة الصحة العالمية (WHO) لخطوط الاسترشاد لجودة (نوعية) مياه الشرب وكل القياسات العالمية لنوعية ماء الشرب واحد من الأسباب الأساسية؛ لنجاحها سهولة تحليها. بالمقارنة مع عملية الملوثات الكيميائية للماء، وكمصدر مألوف لهذه المرضات والتي كانت تلوث برازي، فإن الميكروبيولوجيين يهدفون إلى مؤشر ميكروبي عالمي للتلوث البرازي.

السهولة وقلة التكاليف لمعاني التحليل والمتاحة لفحص محتويات الماء تكراراً. التلوث البرازي متنوع ومن المحتمل أن ذروة التلوث سوف تظهر في حالة الصحة الخطرة العالمية. أهمية الفحص المتكرر ذات تميزّ واسع وطويل:

''من الأهمية العظمى لمراقبة النوعية الصحية للإمداد المائي أن علماء البكتيريا عليهم فحص الماء الداخل لشبكة التوزيع والماء في نظام التوزيع في كونه يحمّل خارجياً تكراراً وقياسياً '' (منظمة الصحة العالمية، ١٩٧٦م).

''وأنه من الأهمية القصوى لفحص الإمداد المائي تكراراً بواسطة فحص بسيط أكثر من الاعتيادي عن طريق فحص معقد أو سلاسل من الفحوصات'' (Anon, 1969) .

## (١,٣) تحديد دور مفهوم المؤشر

الدور التقليدي لقياسات المؤشر في ماء الشرب كعلامة للتلوث البرازي، وذلك في كونه من المحتمل أن يكون خطر صحي (انظر الصندوق رقم ١,٢). القياسات الميكروبية الأساسية كانت جميعها بكتيرية، لدرجة عظمى أو دنيا، والمشتقه من التلوث البرازي.

المرض البرازي الخارجي، على أي حال، ليس فقط محدث بواسطة البكتيريا المعدية ولكن العديد من النتائج كانت من الإصابة بممرضات فيروسية أو لحيوانات أولية والتي تمتلك استجابات بيئية مختلفة ومميزات للعيش بالنسبة للبكتيريا، والتي تعني أن البكتيريا البرازية ليست دائماً مؤشراً ملائماً لوجودها أو غيابها.

وهذا خصوصاً صحيح لماء الشرب المطهّر، في كون البكتيريا ذات حساسية عالية للمطهرات بينما الفيروسات والطفيليات ذات مقاومة شديدة. وعليه فإن المنطق القاعدي أن تركيز مؤشر الكائنات الحية الدقيقة يجب أن يكون ذو علاقة لمدى التلوث البرازي بواسطة التضمين إلى التركيز للممرضات وحدوث مرض مائية المنشأ والذي لا يمكن صيانته (Pipes, 19832).

الأدوار لمفهوم المؤشر، على أيِّ حال، ذات توسع تدريجي، كما في حالة العدد المحتمل لمؤشرات القياس. هناك احتياج جديد لتحديد هذه الأدوار الخاصة كمصدر تقيمي، شرعية طرق معالجة مياه الشرب والتشغيل والكشف الروتيني، بالإضافة إلى التثبت التقليدي للمنتج النهائي (انظر الفصل الرابع).

**الصندوق رقم (١,٢) مفهوم المؤشر والمعيار.**

المؤشرات الميكروبية للتلوث استخدمت في العقود الماضية. وقد اشتقت تطورياً كقياسات للتلوث البرازي لمصدر المياه وبالتالي فإن نفس الكائنات الحية الدقيقة تم تقديمها لفعالية القياس للمعالجة وللتلوث السابق وللفساد.

اعتمد (Mossel, 1978) على (Ingran) مع التمييز للمعايير المختلفة والتي فيه ما يطلق عليه المؤشرات، والتي أصبحت ذات تطبيق والاقتراح على أن المصطلح مؤشر، لا بد وأن يستخدم لتقييم عمليات المعالجة وفعاليتها، بينما الدلالة لا بد وأن تستخدم للدور الأساسي للمؤشرات وذلك كقياس للتلوث البرازي. البحث عن مؤشرات لميكروبات البراز أستند على العديد من الصفات المقبولة تماماً من المجتمع العلمي، ويمكن أنها استندت على افتراض أن نفس الكائن الحي الدقيق يستخدم كدلالة وكمؤشر. والصفات كانت كالتالي:

**تابع الصندوق رقم (١,٢).**

- المؤشر لابد أن لا يتواجد في الماء غير الملوث ويظهر عندما يكون المصدر الممرض للكائنات الحية الدقيقة ذات الاهتمام متواجدة.
- المؤشر لا بد أن لا يكون متضاعف في البيئة.
- المؤشر لا بد أن يتواجد بأعداد كبيرة أكثر من الكائنات الحية الدقيقة الممرضة.
- المؤشر لا بد أن يستجيب للظروف البيئية الطبيعية وعمليات المعالجة المائية لسلوك مشابه للممرضات ذات الاهتمام.
- لا بد للمؤشر أن يكون سهلاً بالنسبة للعزلة، والتعريف والعدد. بالإضافة، فإن الصفات التالية قد أضيفت إلى القائمة الأساسية.
- الفحص لا بد أن يكون غير غال مما يتيح لعينات مختلفة للفحص.
- المؤشر لا بد ألا يكون كائن حي دقيق ممرض (للتقليل من الخطر الممرض للتحاليل).

**ملاحظة:** الكائنات الحية الدقيقة الممرضة ليست دائما متزامنة مع معيار المؤشر، حيث إن كل ممرض أساساً يظهر فقط نفسه كما أن غيابه ليست مؤشر لغياب ممرضات أخرى.

الاستعمال الرسمي الحالي للمرض الذي يحقق معيار المؤشر هو ملاحظة بويضات *Cryptosporidial* كمؤشر لفعالية العلاج في بريطانيا.

القائمة القياسية للميكروبات نمت مع الوقت وتلك تم تطبيقها للعديد من البيئات على الرغم من أن بعض الشواهد لتطبيقاتها ظلت بعيداً من المفهوم الأساسي (مثال العلاقة إلى التلوث البرازي)، مع المؤشرات أصبحت مستخدمة غير ملائمة.

خلال هذا الكتاب، الإرشاد أعطى على الاستخدام الأمثل للعديد من الميكروبات المختلفة والقياسات غير الميكروبية للإبقاء بالوصف للحالات الخاصة. هذه الحالات تحت الحد وفي معظم الحالات ربما تتطلب استخدام أكثر من معالجة أو قياسات غير ميكروبية.

- دليل (أو مؤشر) التلوث البرازي في المياه غير المؤكدة والتي لم تتلقى أي معاملة (تشمل المياه غير المحسوبة لأغراض الشرب).
- دليل (أو مؤشر) للتلوث البرازي للماء الجوفي.
- مؤشر للمعالجة المزالة أو فعالية التطهّير.
- مؤشر للمياه المعاد تلوثها والمعالجة بنظام التوزيع.
- الطرز للكائنات الحية الدقيقة الممرضة.

**تابع الصندوق رقم (١,٢).**

في عام (١٩٩١م)، استعرض (Waite) التطوّر لعلم البكتيريا المائي وافترض المصطلحات دليل، ومؤشر لا بد وأن تتكيف مع الاقتراح الأساسي بواسطة (Ingran). ميكروب دليلي، يعتبر أي كائن حي دقيق ذو نقاط وجود تؤدي إلى احتمال حدوث المرض لكائن حي دقيق مشابه بينما الميكروب المؤشر واحد وجوده يمثل سقوط لتطبيق صناعي جيد يؤثر على الإنتاج النهائي. هذا المفهوم للدليل والمؤشر يمكن توسيعه لتغطية القياس غير الميكروبية.

منذ استخدام المؤشر كبديل لاختبار فاعلية المعالجة فإنه من الأفضل عدم استخدامه كمصطلح في العزل، ويمكن مع الاتحاد لماذا المعالجة تصبح مهمة (مثال عملية المؤشر، تظهر مؤشر، عكارة كمؤشر لفعاليته الترشيح). مشابهة، فإن المصطلح دليل ربما يكون مفيد (مثال دليل التلوث البرازي، التوصيل في الماء الأرضي كدليل للفساد).

### (١,٣,١) التطبيق الحالي

الفكرة الأساسية خلف استخدام القياسات التقليدية البرازية كمؤشر (عندما لا توجد، فإن الممرضات لا تتواجد)، بينما عالمياً غير ناجحة، ولكنها لا تزال تطبق ومفيدة اليوم إذا ما تم اختيار القياس بدقة.

الاستخدامات المألوفة بشدة للكشف عن ماء الشرب عند السدادة، وكما عند مقاومتها أعمال المعالجة.

مع إهمال العيب الذي تمت ملاحظته لبعض الوقت، في العديد من السلطات فإن هذه لا تزال تعمل بواسطة التحليل لغياب بكتيريا القولون، مع أو بدون الامتحان التام عن E. coli أو القولونيات مقاومة الحرارة. عندما يتم توزيع الماء، فإنه امتحان إيجابي للقولونيات ربما يشير إلى وجود التلوث البرازي ولكن ربما أيضاً يشتق من منشأ غير برازي. وعليه فإن الاختبار المستخدم كتحذير أولي للتلوث البرازي يعطي معلومات قليلة جداً عن وجود أو غياب خطر على الصحة.

تأكيد منشأ البرازية اعتبر جزءا لمعظم الأنظمة ويتطلب اختبار للقولونيات مقاومة الحرارة أو *E. coli*. أشارت منظمة الصحة العالمية عام (١٩٩٣م) إلى أن E. coli تعتبر قياس اختباري للكشف عن نوعية ماء الشرب (مع القولونيات مقاومة الحرارة كاختيار).

بكتيريا *Enterococci* و *Clostridia* مختزلة الكبريت تعتبران أيضاً ذات استخدام كقياسات إضافية للتلوث البرازي أو للكشف عن سلامة نظام الخزن أو التوزيع. القليل من المألوف هو استخدامها لتصنيف مصدر الماء، مع مستوى المعالجة لإنتاج ماء شرب سليم قد بدأ في وضعه وفقاً لذلك (تفاصيل أكثر لاستخدام قياسات المؤشر لأهداف خاصة أعطيت في الفصل الثاني).

المشكلة الأساسية، لمعاني حفظ الصحة العامة هي أنها تعتمد(لمعظم الجزء) في الكشف عن نوعية مياه الشرب وهي تفاعلية، في المعنى أنها لحدوث أي حالة أو انتشار في النظام يمكن حدوثه لساعات عديدة وفي بعض الأحيان لأيام، قبل ملاحظتها بواسطة الكشف لأي قياسات ميكروبية. هذه ذات علاقة طبيعية للفحص الميكروبي والتي تتطلب حالياً يوماً على الأقل للحصول على النتيجة، وأيضاً إستراتيجية الكشف، والتي عادة تركّز على الماء عند مغادرته أعمال المعالجة وفي نظام التوزيع.

### (١,٣,٢) التحديات الجديدة

بينما تستخدم القولونيات (المقاومة للحرارة) والمعوية الداخلية كحالة للتلوث البرازي قد قدَّم إعاقة ناجحة في نشر مائية المنشأ من الكوليرا والتيفوئيد، في عام (١٩٦٠م) فإن تحدي جديد للصحة العام قد شُخِّص.

لوحظ بكثافة أن الفيروسات المعوية مثل فيروس الكبد الوبائي (أ) وبعض الفيروسات الداخلية الأخرى، ربما أيضاً تنتقل خلال ماء الشرب (Anon, 1999).

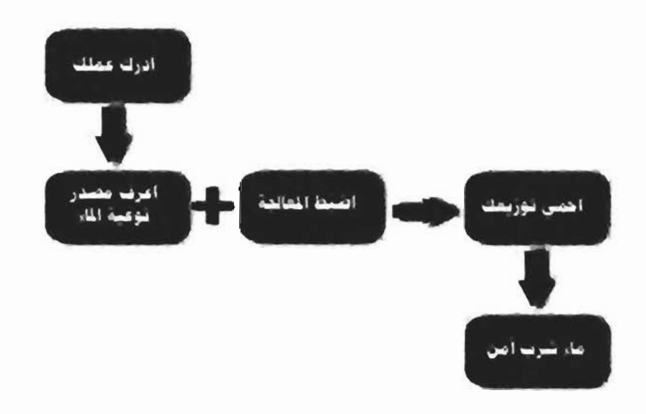
التلوث الفيروسي للماء ينشأ أيضاً من التلوث ببراز الإنسان، كما أن طبيعة الفيروسات تختلف تماماً من البكتيريا، فالفيروسات صغيرة جداً، بالإضافة إلى كونها أقل إزالة خلال الترشيح أو خلال المرور المائي، كما أن مقاومتها للمطهرات أيضاً عالية. يتزامن حدوث التفشي للأمراض الفيروسية مع ماء الشرب والمحقق لقياسات القولون والتي تشير إلى أن هناك مقياساً غير ملائم لتقييم نوعية الفيروسات لمعالجة مياه الشرب (Berg and Metcalf, 1978; Petrilli *et al.*, 1974; Melnick and Gerba, 1982) ميكروبيولوجي المياه يلتمسون قياسات خيارية ملائمة ولوجود العديد من المجاميع الفيروسية التي تغزو البكتيريا، والتي يطلق عليها لاقمات البكتيريا (الفاجات)، والتي تمتلك الأحجام المشابهة والتركيب البنائي للفيروسات الممرضة للإنسان. وهذه اقترحت كطرز ملائمة للوجود القوي للفيروسات ومقاومتها وسلوكها في البيئة، بالإضافة إلى إزالتها وتنشيطها بواسطة المعالجة المائية وعمليات التطهير (Grabw *et al.*, 1984; Havelaar *et al.*, 1993). والأكثر حداثة، فإن تحدي إضافي قد تم تحديده مع انتشار مرضٍ معوي؛ بسبب الحيوان الأولي *Giardia sp.* و *Cryptosporidium sp.* وكما في الفيروسات فإن التفشي قد حدث بدون أي مؤشر، من اختبار القولون، فإن نوعية الماء قد سويت (Barrell *et al.*, 2000). تم إدراك أن السقوط لقياس بكتيريا القولون؛ نتيجة للطبيعة النشطة للأوليات بالنسبة للمطهّر، والتي تنتج عن تنشيط خمول لمؤشر البكتيريا ويمكن ليس للفيروسات والأوليات الممرضة. جراثيم البكتيريا *Clostridium pertringens*، وبكتيريا *Clostridia* المختزله للكبريت والتي تعرف أيضاً بأنها قوية ومقاومة للمطهّر والتي تم تجهيزها لقياسات ميكروبية اختيارية لمثل تلك الأوليات. مؤشر آخر قياسي والذي تم اقتراحه لتقييم فاعلية المعالجة لإزالة الممرضات كانت جراثيم لا هوائية (الفصل الثاني USEPA, 2000).

وكما تمت الإشارة إليه مبكراً، فإن الرسم الخلفي للاستخدام الحالي للقياسات الميكروبية في مصطلحات حماية الصحة العامة، هو الاعتماد على كشف الناتج النهائي. الكشف للناتج النهائي لا يمكن دائماً اعتبارها سبب سلامة للصحة ولكن فعلها مختلف (أو ليس) لفعالية الناقل العلاجي. وهذه يمكنها تقديم معلومات إدارية مهمة (انظر الفصل السابع)، كما أنها مراجعة مستخدمة جيدة، والتي سوف تحدد إلى عمل ناقص وأيضاً يتيح التقييم لأي عمليات مصححة. وعليه فإن أهدافها الرئيسة، لمختلف أنواع فعالية المعالجة والمطهّر، كما أنها تلاحظ التلوث العلاجي السابق.

بينما القياسات الميكروبية التقليدية تقدم استخدامات نافعة ولا تزال تمتلك دور مهم للعبة، فإن الكشف عن مظاهر مختلفة للإمداد الخلفي بالإضافة إلى متطلبات الصحة المحتملة والتي تتطلب قياسات تطبيقية ميكروبية تقليدية مختلفة بالإضافة إلى قياسات مختلفة وعمليات مختلفة. هناك طريقتان تمهيديتان أساسيتان للتحرك إلى تحديد هذا التحدي:

تطوير خطط السلامة المائية (انظر الصندوق رقم ١,٣).

التقييم للأخطار عند كل المراحل بين العمل والمستهلك (الشكل رقم ١,١).

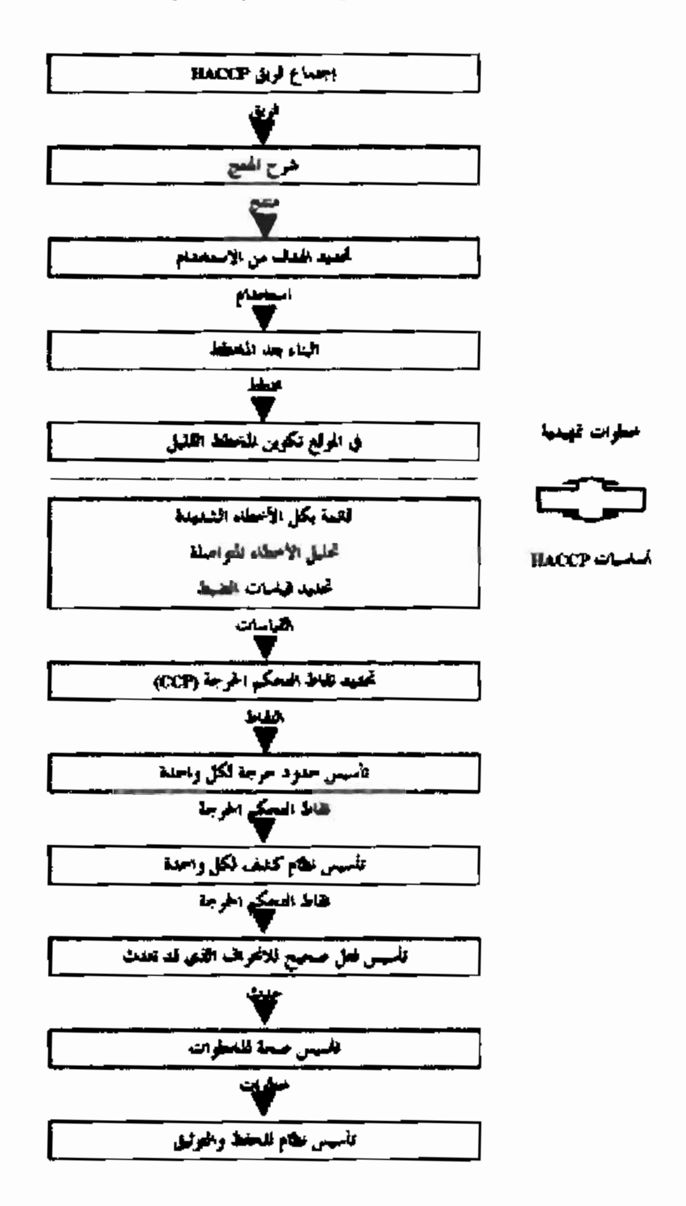



**الشكل رقم (١,١). "إدراك إلى المستهلك" طريقة لإدارة خطر سلامة ماء الشرب.**

بالإضافة، فإن التطور للفحص السريع وتقنيات الجزيئات للقياسات الميكروبية وفحص الممرض (الفصل الخامس) ربما تلعب دوراً مسانداً، خصوصاً في تقييم الخطر (الفصل الثالث)، وبحث التفشي. على سبيل المثال، فإن تقنيات الجزيئات تستخدم، في العديد من الحالات، وتتيح معرفة مصدر التلوث في تفشي مائية المنشأ (الفصل السابع).

## (١,٤) نشوء نموذج جديد: واجب الاجتهاد

مظهر الاجتهاد، والمقصود منه منع الأذى قبل وقوعه تحت سعر معقول، أخذ الخطوة المعنوية لتغيير "التفاعل والتصديق" النموذج تحت أي الإمدادات (المتضمن الإمداد المائي) التشغيلية. يتطلب الاستعراض للنموذج الكشف عن أن كل القياسات المتاحة قد تم أخذها مقدماً؛ لمنع حدوث النتائج السلبية على الصحة. وعليه، عندما تم تعريف الحدث الملاحق العكسي الجهد، فإن العملية الوقائية لا بد أن تستخدم. واحدة مثل تلك العملية، والتي جاءت من برنامج الفضاء في عام (١٩٦٠م)، وهي تحليل المخاطر ونقاط التحكم الحرجة (HACCP)، والواضحة في الشكل رقم (١,٢)، حيث تم تحويرها لاستخدام ماء الشرب وأدمجت في 'خطط سلامة الماء' [الصندوق رقم (١,٣)، والشكل رقم (١,٣)].




الشكل رقم (١,٢). خطوات في تطور خطة تحليل المخاطر ونقاط التحكم الحرجة حوّرت من (Deere *et al.*, 2001).

**الصندوق رقم (١,٣) خطط سلامة الماء للتزود بماء الشرب.**

القواعد للتأكد من سلامة المياه ذات خمس مفاتيح أساسية:

١- أهداف نوعية الماء وتعتمد على حماية الصحة العامة ومنع المرض.

٢- نظام التقييم لتحديد هل شبكة الإمداد المائي (حتى نقطة الاستهلاك) كما في الكل يمكنها حمل الماء لنوعية تحقق الأهداف المحددة.

٣- مراقبة الخطوات في شبكة الإمداد والتي تعتبر ذات أهمية خاصة لسلامة أمن ماء الشرب.

٤- خطط الإدارة تصف الأفعال الواجب اتخاذها من الظروف الاعتيادية إلى الأحداث الشديدة.

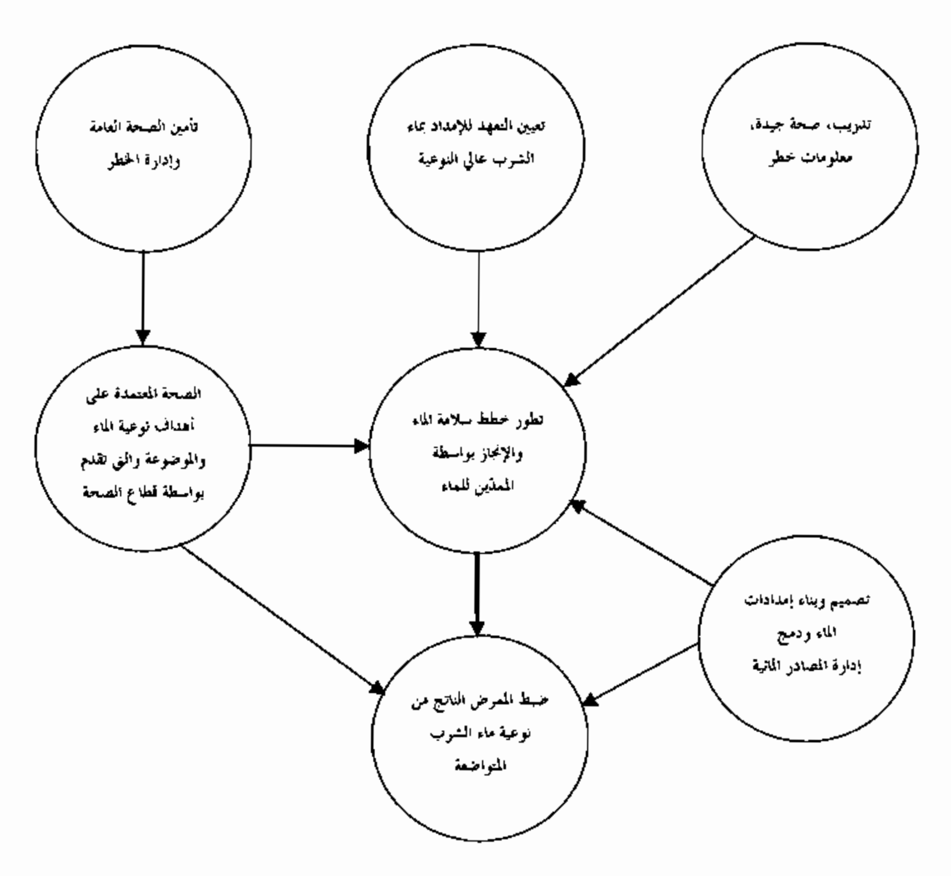
٥- المراقبة الجهازية المستقلة والتي تؤكد أن تلك الخطوات تشتغل صح. خطط الإدارة التي طورت بواسطة الإمداد المائي، من الأحسن أن يطلق عليه خطة الماء السليم (WSP). ضبط نوعية ماء الشرب الميكروبيولوجية والكيميائية تتطلب تطوير (WSP)، والتي عندما تنفذ تقدم قواعد لعمليات مراقبة للتأكد من أن الكيميائيات الإضافية والممرضات مقبولة. المفهوم مع هذه العمليات هو أن عبء المرض المحتمل تم تحديده عند مستويات علمية ومحلية وأن أهداف نوعية الماء قد تم تأسيسها لكل نوع من التقنيات المستخدمة.

نقل الماء الآمن، بعد ذلك يتطلب أفعال داخله بواسطة مختلف الموزعين، كما تم توضيحه في الشكل رقم (١,٣).

أهداف نوعية الماء لا بد من تعيينها لتحسين الصحة العامة. الممدين (المزودين) بالماء عليهم مسؤولية أساسية لاحتياط الماء الآمن كما يتوقعون أخذ الاحتياطات المحققة للنقاط ٢-٤ في الأعلى.

الأساس الأخير يتحقق عادة بواسطة محتوى النظام، والتي ربما تطبق في الصحة وفي قطاعات البيئة للحكومة المحلية.

كل تلك العمليات هامة في توزيع نوعية جيدة لماء الشرب كما أنها هدف لنشورات أخرى ترتبط مع إرشادات منظمة الصحة العامة لنوعية ماء الشرب.




**الشكل رقم (١,٣). حفظ الصحة العامة من خلال التأكد من نوعية مياه الشرب (Davison *et al.*, 2002).**

في تطبيق ماء الشرب، فإن (HACCD) تعتبر مصدر نقطة النظام. يعتبر الأمن الميكروبي حارس سلامة خلال معلومات (اختلافات) نوعية مصدر الماء، مراقبة عمليات المعالجة وسلامة التوزيع أو نظام الخزن. لا ميكروب مفرد (أو غير ميكروبي) قياسي ملائم لتحديد ما إذا كانت كل الخطوات في هذا النظام تعمل بشكل صحيح في كل الحالات. الفصول ٢-٤-٥-٦ توضح أي القياسات أكثر ملاءمة لكل مرحلة.

نتائج المعلومات يمكن دمجها إلى طرز تقييم المخاطر (نوعي أو كمي) أو ربما تستخدم لإكمال طرق التفشي الوبائي، وكما تم توضيحه في الفصل الثالث.

## (١,٥) الفحص الممرض المباشر

اكتشاف وتمييز العدد المعنوي لمرضات المعدة والأمعاء قاد إلى تطوّر لتنظيم واسع لطرق حديثة لملاحظته وتحديدها (Anon, 1999; Hurst *et al.*, 2001) بالإضافة، فإن الطرق لتمييز هذه الممرضات من المياه الطبيعية قد تطور في عام (١٩٧٠م) وعام (١٩٨٠م) وطبق إلى الماء الملوث بشدة بواسطة التلوث البرازي.

أشارت النتائج أن الفيروسات (Payment and Armon, 1989; Grabow *et al.*, 2001) والطفيليات (Lechevallier *et al.*, 1991) ربما تظل متواجدة بطريقة أو بأخرى بوضوح في ماء الشرب الآمن. هذه مع المميز أن المرض يمكن أن يترابط مع ماء الشرب الذي يحقق القياسات النظامية للسلامة كدليل بواسطة القياسات البكتيرية التقليدية (Payment *et. al.*, 1991,1997)، والذي رفعت أسئلة عن سلامة ماء الشرب (Lechevallier *et al.*, 1999a,b).

دللت الولايات المتحدة الأمريكية الأساس للماء الخالي من الممرضات إلى أمد لمستوى الصفر للممرضات، بينما ميزّت أنه في الحقيقة هذا يتضمن حكم في مستوى المعالجة اللازمة لاكتساب الخطر الأدنى أو المقاوم. لتحديد أهداف المعالجة هذه، فإنه لا بد من فحص للمصدر المائي والذي تمت مواصلته باستخدام طرق قياسية للحصول على المعلومات لتواجد الممرض. المعلومات عكست الصعوبات المتزامنة مع مثل هذا الفحص حتى عند جمع معلومات عند الحدوث (الفصل الرابع) (Rosen and Ellis, 2000; Allen *et al.*, 2000).

في بريطانيا، فإن فحص بويضات *Cryptosporidium* أصبح إجبارياً في بعض المواقع (أسس على قواعد تقييم الخطر). العملية البريطانية تتطلب عينات مستمرة لحصة من الماء المعالج كما يكون عند مغادرته عمليات المعالجة، في رؤية حقيقية فإن نقطة العينة للممرضات لا بد وأن تكون عرضة للخطأ في المعالجة؛ وذلك للضعف في قلة البقاء.

المعلومات من برنامج الإرشاد الحالي هو الاستخدام لتأكيد الإذعان مع قياس المعالجة لإزالة البويضات لأقل من بويضة واحدة في كل عشرة لترات من الماء المعالج (HMSO, 1999).

بالإضافة لما هو مطلوب بواسطة الأنظمة، فإن عدداً من مزودي الماء يبدأون ببعض التكوين لفحص الممرضات (Allen *et al.*, 2000). الفحص المرضي يمكنه كأداة ذات فائدة للكشف الصحي في المناطق ذات الإدراك لوضع أهداف للفحص في المعمل أو في الميزان الإرشادي للبرهنة؛ لفعالية الوجود أو للمعالجة الجديدة للماء؛ ولفحص التفشي.

عموماً فإن الفحص المرضي يساعد في زيادة التطبيقات للإمداد بماء شرب سليم، وللملاحظة الممرضات (النامية) في ماء الشرب فإنه يعتبر إحداثاً قوياً لفعالية شافية.

الفحص المرضي يمكن عمله، بالإضافة إلى القياس التوجيهي، لكن ليس أداة إرشاد بسيطة.

تتطلب الطرق الإجبارية فكرة واضحة لما يمكن إحرازه بواسطة التمرين الواجب تكوينه قبل أخذ الفحص الممرض (Havelaar, 1993) والنتائج التالية يجب أن تفسر بحذر.

المستويات المنخفضة من الفيروسات المعوية وبيوضات الحيوانات الأولية وجدت في ماء الشرب في غياب تقرير التفشي (Gebra and Rose, 1990; Payment and Anon, 1989) هذا ربما يتعلق بعدم وجود الإصابة، وضعف التطهير، المناعة المكتسبة أو الإصابات غير المتكشفة (Allen *et al.*, 2000; Issac-Renton *et al.*, 1994; Gerba and Rose, 1989; Payment *et al.*, 1997).

طرحت التجربة في سيدني (أستراليا) ومدينة (Wyoming) في الولايات المتحدة الأمريكية بعض الضوء في الصحة، والسياسة، والاقتصاد، وتطبيقات رسمية لمثل تلك المكتشفات حتى عند وجود أي ملاحظات صحية ذات تأثير (Allen *et al.*, 2000). كتلك الحالات أظهرت ما لم يتم معرفة كيف تفسر النتائج وخطة الطوارئ جاهزة للتفاعل إلى نتائج سالبة، فإن التفاعل ربما يكون غير ملائم.

الطرق لملاحظة المرضات في الماء والتي لا يزال معظمها في مرحلة التطوير (الفصل الثامن):

- حساسيتها لا تزال ضعيفة، حيث إن طرق ملاحظة الممرض عادة شديدة الحساسية، ولكن بسبب المستوى الضعيف للممرضات في الماء، فإن أحجام كبيرة مطلوبة للتحاليل، كما أن طرق الملاحظة يمكن أن تكون فقط عملية فاعلة لأحجام صغيرة، وعليه فإن تركيز متقدم لخطوة يجب أن تؤخذ.
- فقط القليل من المرضات الممكنة الوفيرة تمت ملاحظتها حالياً. أعطى أن الماء يحتوي على المئات من المرضات المختلفة، وهذه ربما تختلف مع الوقت السؤال لأي من المرضات يجب النظر لمن يبقى. طرق الملاحظة للمرض ذات علاقة خاصة وسوف لن نلاحظ جميع المرضات المتواجدة. طرق الجزيئات والمقترنة مع عمليات التوازي العالية والتثقيف الحيوي، تحمل بشري لملاحظة

مدى واسع للكائنات الحية الدقيقة، ولكنها ليست الآن في مجال التطبيق. اقتراح واحد تم البحث عنه لمعظم المرض المهم كمؤشر لفعالية المعالجة. طوّرت بريطانيا هذه الطريقة واختبرت بويضات *Cryptosporidium* في الماء المعالج من عمليات معالجة المياه المختارة.

- يتطلب تحليل عينات الماء للممرضات معملاً متخصصاً، وشخصاً عالي التدريب وسلالة حيوية لتلوث ملائم. في الدول الصناعية توجد معامل قليلة خارج النطاق الطبي تحقق تلك المتطلبات، وفي العديد من الدول الأخرى فإن مثل هذه التجهيزات لا توجد. يتطلب الفحص الممرض نمو ومعالجة للممرضات، وعليه فإن الخطر الشديد للتحاليل يحتاج للأخذ به في الاعتبار.
- على الرغم من أن بعض الممرضات يمكن معالجتها بسرعة، فإن معظم عينات الممرض وطرق الملاحظة لا تزال تمتلك الوقت (لتأكيدها) لنتائج لبضعة أيام. الفحص الممرض للماء المعالج، على أي حال لا يمكنه الهروب من المشكلات الموضحة مع نهاية الفحص المنتج باستخدام القياسات البكتيرية التقليدية، فعلى سبيل المثال فإنه يشير إلى أن بعض الشيء خطأً بعد تصحيح الخطأ. محدودية تلك الطرق أيدت استخدام حذر عظيم لتفسير النتائج من اختبار الممرض. إلى نتائج موجبة ربما تشير إلى عدم صلاحية الماء للشرب ثم تستخدم لتقدير مستوى الخط للمستهلكين.

النتائج الموجبة لا بد وأن تستخدم فقط في إدارة جيدة، خطر يعتمد على طريقة العمل. النتائج السالبة لا بد دائماً أن ترى مع وثيقة تعطي العدد الكبير للممرضات الممكنة والتي يجب ألاّ تستخدم كمخرج للمرضى. مستويات فحص الممرض ربما

تختلف من العينة للفحص الاعتيادي أو التجربة المخططة إلى إرشاد روتيني لمصدر الماء، بالإضافة إلى الماء المعالج.

على أي حال، إذا كان فحص الممرض تضمن من خلال القياسات، فإنه من الأهمية عدم عمل هذا على حساب الإرشاد القاعدي الأساسي. الفحص الممرض ذو اعتبار مقبول، لكن أين يجب أن يعمل؟ الفحص الممرض للكشف الصحي الابتدائي لمصدر الماء مقبول تماماً. بعد المعاملة عند أعمال الماء، فإن العينات لا بد أن تكون سالبة للإصابة المرضية، ولكن أي حجم لا بد أن يفحص؟ كم عدد العينات الواجب أخذها للتأكد من أنها تمثل إحصائياً؟ تشير المألوف مع المعاملات المائية إلى أن ما يجب الخوف منه هو الزائل، البقاء الساقط للنظام، والذي يعتبر صعب الملاحظة. أعطاء السعر الغالي للفحص الممرض- وهذا لن يتغير في القريب العاجل- هل تكلفة الفحص الروتيني للممرض كافية؟

يظهر تحليل العينات للتوزيع المائي أنه في التحدي المشابه. الهدف هو ملاحظة إعادة التلوث للماء في نظام التوزيع. كم عدد العينات الواجب أخذها؟ أين يجب أخذها ولأي الممرضات؟

مؤشر جيد لإعادة التلوث لمتطلب التطهير ربما يكون أكثر تكلفة فاعلية، كما يجب أن يتحصل على معلومات رخيصة لأعداد كبيرة من العينات.

### (١,٥,١) جرعة الاستجابة وعلاقتها بالممرضات

تحديد أثر التعرض (المستويات مختلفة) للممرضات من الكائنات الحية الدقيقة (مثال الجرعة – أثرها الاستجابي) أعطى إتاحةً لتفصيل خطر معتمدٍ على

العملية (الفصل الثالث)، مشابهة فإن المأخوذ ضد الخطر للكيميائيات السامة في ماء الشرب.

بسبب الغياب الكامل للممرضات في ماء الشرب (صفر خطر) لم يتم التأكد منه حالياً ، إن هذه الميزة تم استبدالها بواسطة تعريف مستوى الخطر المقاوم أو المقبول (Hunter and Fewtrell, 2001). مثل تلك العملية المعتمدة على الخطر تم تطويرها بواسطة أبحاث أمريكا الجنوبية مع التعاون مع هيئة حماية البيئة الأمريكية (Haas, 1983; Rosal Gebra, 1991; Regli *et al.,* 1991) في هذه الطريقة، فإن مستوى الخطر إصابة واحدة لكل ١٠٠٠٠ شخصٍ في السنة تم اعتمادها كقبول عالٍ للممرضات في ماء الشرب. وهذا يعتمد على ما وجد من أنه خلال كل تقرير لتفشي منشأية الماء لمرض giardiasis، فإنه يكون عند أقل من ٠,٥٪ من السكان (٥٠ أو أكثر لكل ١٠٠٠٠ شخص) حيث تمت الإصابة بسبب الإمداد لماء الصحة والذي لا بد وأن يتضمن حماية عظمى من الممرض مائي المنشأ، كما أن معالجة المياه لا بد التأكد من كونها أقل من حالة واحدة للممرض ميكروبي كل سنة لكل ١٠٠٠٠ ؛ شخص بسبب أنها مقاومة كثيراً للتطهير أكثر من الممرضات الأخرى (Regli *et al.,* 1993).

هذه العملية تم تحويرها أو أنها أصبحت اعتبارية بواسطة عدد من الدول. في هولندا، على سبيل المثال، فإن خطوط الإرشاد تم إصدارها لتراكيز عالية مقبولة من الممرضات في مياه الشرب، تستند إلى $١٠^{-٤}$ إصابة خطر للمستوى.

### (١,٥,٢) التقنيات الجزيئية

حالياً (لمعظم الجزء) فإن فحص القياس الميكروبي يتضمن أخذ العينات ثم الترشيح متبوعاً بحصاد اختياري للكائن الحي على بيئة مختارة ثم يتم حساب

المستعمرة، أو في بعض الحالات فإنه يتم استعراض النمو (مثال: اختبار الوجود والغياب) وهذه العملية يمكن أن تأخذ ٢٤-٧٢ساعة وربما ليس التقاط عدد من الكائنات الحية الدقيقة.

العقدان الأخيران من القرن العشرين، على أي حال، أظهرا تطوّر للجزيئات البيولوجية وإعطاء أمل لاختبار سريع (لأقل من ثمان ساعات). هذه النتيجة في التقنيات، مثل تفاعل السلالة البوليمرية (PCR) لفحص سريع وحساس وخاص لدليل ومؤشر للكائنات الحية الدقيقة والمرضات.

في حقل الصحة المرتبط بميكروبيولوجيا المياه، هذا أتاح لتطور طرق فحص للفيروسات التي لا يمكن حصادها، مثل الفيروسات Norwalk-like بين طرق فحص *Cryptosporidium* التقليدي لم تفرق بين المرضات للإنسان والبويضات غير الممرضة، كما أن خصوصية PCR وطرق التأكد التالية (التهجين، التعاقب) أتاحت فحص خاص أكثر للأنواع الممرضة أو الطرز الجينية مع *Cryptosporidium* (انظر الفصل السابع).

العكارة وصف آخر لتفاعل سلسلة البوليمرات (PCR) وعلاقتها بتقنيات الجزيئات (انظر الفصل الثامن). طوروا العديد من الباحثين تقنيات (PCR) للفحص السريع للبكتيريا *E. coli* والقولون، وهذا أدى إلى إمكانية الفحص خلال ساعات عديدة. (Bej *et al.,* 1991; Fricker and Fricker, 1994) واحد من تحديات الطرق الجزيئية تقييم الفاعلية الحيوية للكائنات الحية الدقيقة المفحوصة، وحالياً فإنها تفحص وجود سلسلة الحمض النووي، والذي ربما نشأ من كائن حي ميت وحتى من حمض نووي (DNA) والذي لم ينحل في البيئة المائية.

تقنيات الاستنبات أمدت بهذه المعلومات لكائنات حية دقيقة حية فقط وكما تم فحصها. العديد من التقنيات أو اتحاد للتقنيات متاحة حالياً للتغلب مشكلة الفاعلية الحيوية. الأمثلة لاستخدام استحثاث الحمض النووي mRNA كهدف لمعنى RT-PCR (عكس نسخ تفاعل سلسلة البوليمرات) أو لاستخدام طرق الفاعلية الحيوية قبل استنبات الخلية بطريقة PCR للكائن الحي *Cryptosporidium* والفيروسات (الفصل الثامن) (Spinner and DiGiovanni, 2001)، على الرغم من أن طريقة قبل الاستنبات تزيد من زمن التحليل عموماً.

يعتبر تصنيف الكائنات الحية الدقيقة الآن أساساً معتمدة على الطرز الجينية، أكثر من الطرز النوعية الوصفية. أتاح هذا التصنيف الجيني وصف سريع ومقارنة للطرز الجينية. وهذا مفيد في الكشف عن التفشي وللفحص عن المشابه للعزل من المرضى والمصادر القابلة للتفشي وتعقب مصادر التلوث لمياه الأمطار أو لمياه الشرب (الفصل السابع، Kuhn *et al.*, 2000).

التقدم في الحاسب الآلي، الرقائق، الليزر وتقنيات البصريات قدمت وتقدم فرصة جديدة للفحص والتعريف للكائنات الحية الدقيقة. الإدارة الحديثة استخدمت أساساً في مجال البحث، ولكن العديد من التقنيات تستخدم حالياً في التطبيق، مثل القياس الخلوي الجاري، والتصنيف الخلوي ومجهر الليزر متحد المسح والمسح الليزري. العديد من الطرق أصبحت الآن متطورة ولكن ليست الآن جميعها غالي كمثل الجهاز المالي الاستثماري المرتفع. اهتمام تطوري واحد لاتحاد الحاسب الآلي لتقنية الرقائق وبيولوجية الجزيئات للكائنات الحية الدقيقة، والتي يجب أن تتيح فحص آلي للممرضات المتضاعفة مع نظام الرقائق DNA (الفصل الثامن).

تقديم تلك التقنيات ربما يتيح لفحص آلي سريع (للمرض أو الدليل أو المؤشر) للكائنات الحية الدقيقة في المستقبل القريب.

التحريات التي لا تزال لهذه الطرق الحديثة هي :

- **التقديرات :** مظاهر التقديرات تحتاج إلى تحسين، كما في حال الطرق الجزيئية الحديثة، في أحسن حال، فقط شبه التقديرية.
- **المعدي.** حيوية ومعدية الكائنات الحية الدقيقة المفحوصة لا تزال غير متأكد منها.
- **"قضية التركيز"** ملاحظة (الممرض الخاص) الكائنات الحية الدقيقة في الماء تتطلب تحليل أحجام كبيرة (٠.١ إلى ١٠٠ لتر أو أكثر)، بينما التقنيات الحديثة حالياً تعمل مع أحجام صغيرة (٠,٠٠٠٠١-٠,٠٠١ لتر). وهذا يتطلب طرق تركيز يمكنها تقديم المستردات المفقودة.
- **البراعات والإصدار الجديد للأسس (كلا التدريب الشخصي والجهاز).** إضافة إلى الإنجاز لتلك التقنيات في التطبيق تتطلب تبسيطاً مثالياً وأيضاً تبسيطاً آلياً.
- **القيمة :** لا تزال التكلفة عالية وحالياً غير قابلة للتحسين بالإضافة إلى تكرار فحص يومي مع ميزانية إجبارية للإمداد الصغير للماء.

## (١,٦) المعلومات المطلوبة

الاستعداد لسلامة ماء الشرب غالباً ذا اهتمام نادر للشخص العادي وبالإضافة إلى الممددين بالماء والتي يظهر أنها تتضمن فحصاً داخلياً كما أن الحكومة المحلية، ومسؤولي الماء، ومسؤولي الصحة العامة في بعض الحالات، الضابطة المعروفة ربما تكون متضمنة عالمياً.

تقليدياً، فإن السبب الرئيسي للإرشاد عن نوعية الماء، للتأكد من أن ملاحظة نوعية الماء ملائمة لمتطلباتنا (في هذه الحالة للاستهلاك الآدمي). كما أن فهم الأسباب للمعلومات التي جمعت (الهدف من الاسترشاد) تساعد في التأكد في أن المعلومات المجموعة ملائمة لإدارة الاستخدام لأي غرض مطلوب (Bartram and Helmer, 1996; Makela and Meybeck, 1996) . المعلومات المختلفة المطلوبة تم شرحها في التالي.

## (١,٦,١) النظام

شرحت العديد من الهيئات، متضمناً منظمة الصحة العالمية (WHO, 1976, 1997) اثنين من الأنظمة المتتامة في استرشاد ماء الشرب. ضبط النوعية بواسطة الممدّين والإشراف غير المعتمد بواسطة نظام المحتوى. هناك دليل متنام بينهما، ولكن الدمج بين الاثنين غير ملائم؛ بسبب التضارب المهم الذي قد ينشأ. ومع ذلك، فإنه في السنوات الحالية التجربة مع زيادة مشاركة المعلومات، نشوء المعلومات بواسطة الفرق الثلاث والفحص القاعدي أصبح متراكماً وأدخل لتقليل التضاعف للجهد. يعتمد النظام على الاسترشاد والتحليل، كما أنه ليس تقليداً نموذجياً لمتطلبات الممدّين بالماء قد يكون نشط مقدماً وربما مشكلات مفردة خارجية، مثل مناطق التوزيع والتي بعضها تسبب مشكلات أو يعرف بأنها من ذات جدل.

الهيئة النظامية أساساً مسئولة عن تحديد المستوى المطلوب لسلامة ماء الشرب. وتفعل ذلك عن طريق وضع قياسات والتأكد من أن الممدّين بالماء يحققون ذلك. بينما المتطلبات تختلف بتوسع من دولة لأخرى، يعتمد الإذعان أساساً على المواصفات (مثل التوجيه الأوروبي المشترك WHO, 1993; Anon, 1998, 98/83/EC)، والتي تهدف

إلى حماية الصحة العامة. خصصت القياسات نموذجيا في معاني تكرار العينة والتوزيع (عند نقاط ثابتة أو مختلفة) بالإشارة إلى الإمداد السكاني أو نقاط الخطر العالية.

تتضمن القياسات نموذجياً اختبارات فيزيائية وكيميائية بسيطة (بقايا المطهّر والعكارة ... إلخ)، وتكراراً استرشاد ذو علاقة مع اختبار ميكروبيولوجي قليل لمؤشرات التلوث البرازي (بعض الأحيان قياسات ميكروبيولوجية أخرى) مع متطلبات متابعة خاصة عندما لا يتم تحقيق القياسات. تهدف هذه القياسات بوضوح للتقليل من انتقال المرض الوبائي خلال ماء الشرب ولكنها أيضاً تحت مصادر التوزيع التجمعي لشرب ماء شرب معالج. ماء الشرب الناقل الواحد فقط للإصابات المرضية المعوية. للقدرة على المثالية على إتاحة المصادر الاجتماعية للحفاظ على ماء الشرب، فإن النظام مطلوب لمعلومات لمساهمة ماء الشرب لجميع المرض ولعبء السكان. في المستوى الأول للوصف، فإن واضعي النظام يحتاجون لمعلومات عن معظم التهديدات المهمة لسلامة ماء الشرب، وبذلك يمكنهم التركيز على نقاط إدارة الخطر لمعظم التهديدات ذات العلاقة (Fewtrell and Bantram, 2001)، على سبيل المثال، فإن النظام مع معالجة متقدمة لخطر عالي نوعاً ما لا بد وأن يُركّز عليه أولاً، للتقليل من الخطر، أكثر مما يكون في فاعلية حفظ المصدر أو على المعالجة.

### (١,٦,٢) الإمداد المائي

يتطلب الإمداد المائي معلومات للنوعية الميكروبيولوجية لمصدر الماء. المعلومات لمستوى تلوث المصدر يعتبر القواعد لتخطيط نظام معالجة ملائم. معلومات المصادر للتلوث في المنطقة المحددة للمواقع التجريدية تعطي كلا من مؤشر لمستوى التلوث

والذي ربما يتوقع حدوثه وجهد خطر الأحداث (مثل الماء الغزير والذي يقود إلى الزراعة بماء المطر).

يعطي الفحص المؤكد ربما أيضاً معلومات لغرض الضبط التأكيدي، وهذا ربما ليس ضمن ميدان الممدّين بالماء، ولكن تتيح لهم الاختبار بين تعيين حاجز المعالجة أو محاولة لتحقيق قياسات الحفظ للمصدر. في مرحلة التخطيط، فإن الفحص المؤكد سوف يهدف إلى اختيار أحسن الموقع للتلخيص (الفصل الرابع).

يحتاج مزودو الماء أيضاً لمعرفة فعالية المعالجة للعمليات في التخلص من الكائنات الحية الدقيقة، أساساً في طور التخطيط؛ وذلك للقدرة على تخطيط نظام معالجة ملائم وذلك في طور الإنتاج؛ للتأكد من ملاءمته للتشغيل.

في الطور الأخير، فإن المعلومات التفصيلية ربما تساعد للتقليل من عمليات المعالجة (الفصل الخامس Lechevailler and Au, 2002). لتحديد ما إذا كانت المعالجة ملائمة وماء الشرب سليم، فإن الإمداد المائي يحتاج أيضاً لأهداف لنوعية الماء (الصندوق رقم ١,٣) (Fewtrell and Bartram, 2001).

في عملية الاعتماد على الخطر، فإن أهداف نوعية الماء لا بد أن تكون مشتقة مستوى خطر عالي المقاومة. أهداف نوعية الماء، عادة توضع بواسطة المشرّعين المحليين، والتي لا بد وأن توضع استناداً لمستوى الخطر. في عملية الاعتماد على الخطر، فإن الأهداف ربما أيضاً تكون ذات تركيز عالي للمرض ولكن عموماً ليس المقصود لأن تكون هدفاً قياسياً.

لأعمال التشغيل، يستند الإمداد المائي على القياسات التحليلية مثل جرعة التخثر. وللتأكد من أن المعالجة قد أزالت الكائنات الحية الدقيقة تماماً كل ساعة من

اليوم، فإنه مطلوب معلومات عن العلاقة قياسات التشغيل وإزالة الكائنات الحية الدقيقة (الفصل الخامس، Lechevallier and Au, 2002).

أخيراً، الشركة أو الهيئة والتي توزع الماء للمستهلكين تحتاج معلومات عن التغيرات النوعية التي تحدث خلال التوزيع وعليه فإنها تستطيع الملاحظة وتستجيب لأيٍّ ماء غير مقبول لنوعية الماء (انظر الفصل السادس، Ainsworth, 2002).

### (١,٦,٣) منظمات الصحة العامة

في معظم الدول، منظمات الصحة العامة ليست مسئولة دائماً عن إدارة الإمداد المائي وأنظمة التوزيع، ولهذا السبب، فإن القليل من المختصين في الصحة العامة يتوقع منهم رؤية المعلومات الروتينية في نوعية الماء في قواعد نظامية. ومن ناحية أخرى، فإن معظم المشرفين في الصحة العامة سوف يكونون ملاحظين مباشرين في حالات الإصابة في المجتمع.

هل التفشي الملاحظ يتضمن الإمداد المائي؟ مراجعة الاسترشاد بنوعية المعلومات الروتينية للماء سوف يكون جزءاً من سلسلة متتابعة من التقصي (انظر الفصل السابع). حيوية الإمداد المائي من المرضات ربما أيضاً تؤخذ في أي فحص.

معظم ما تم تسجيله من خطة الاسترشاد المرضي لنظام الماء العام، وكما تمت الإشارة إليه سابقاً، تم تقديمه في بريطانيا للحيوان الأولي *Cryptosporidium*. في بريطانيا وويلز، فإنه الآن جريمة غضب للإمداد المائي المحتوي على أكثر من ١٠٩٠ بويضة *Cryptosporidium* لكل ١٠٠٠ لتر والممدّين يعتقدون أنه ذا خطرٍ عالٍ ويجب مراقبته باستمرار (HMSO, 1999).

يعتمد القياس المختار على العمليات أكثر من الأرضيات والحسابات المتصلة لخطر الصحة العامة ذات صعوبة (Hunter, 2000). مع كل تلك المسئولية تجاه الصحة العامة، فإن المقبول والمسئولية النهائية لن تنتهِ عند نوعية الماء المغادرة من أعمال معالجة الماء نهائياً، معظم المقبول للصحة العامة ربما تكون ذات اهتمام حدوثي بعد الإمداد المائي ودخوله للاستخدام المنزلي والحد أو عدم الاستفادة السكانية حيث لا توجد هيئة رسمية للإمداد. المجمّع الصغير وخصوصاً الإمداد المائي الريفي ذات مشكلات خاصة وذات اهتمام في الدول عند كل المستويات الاجتماعية والاقتصادية للتطور.

بينما العوامل مثل اختيار القياس ربما لا تكون مختلفة تماماً لمثل تلك المناطق، فإن كل العمليات للاسترشاد ذات مشكلات قاسية كما أن عمليات الابتكار تتطلب دوراً فعالاً (الفصل السادس، Bartram, 1998).

البحث عن الأحداث للصحة العامة واهتماماتها ربما تحدث بواسطة مراقبة المرض، المعلومات من الإمداد المائي أو استرشاد آخر تم الأخذ به أو خلال معاني غير رسمية.

منذ تأخير الآثار، فإن مثل البحث عن المشكلات الخاصة المتواجدة وفي المنطقة ذات طرق التحليل الحديثة، مثل هذه الملاحظات الخارجية في الفصل (١-٥-٢) تأخذ بتدخل خاص. هذه الظاهرة تم عنونتها بإضافة في الفصل السابع والثامن.

## (١,٧) الاقتراح الجديد

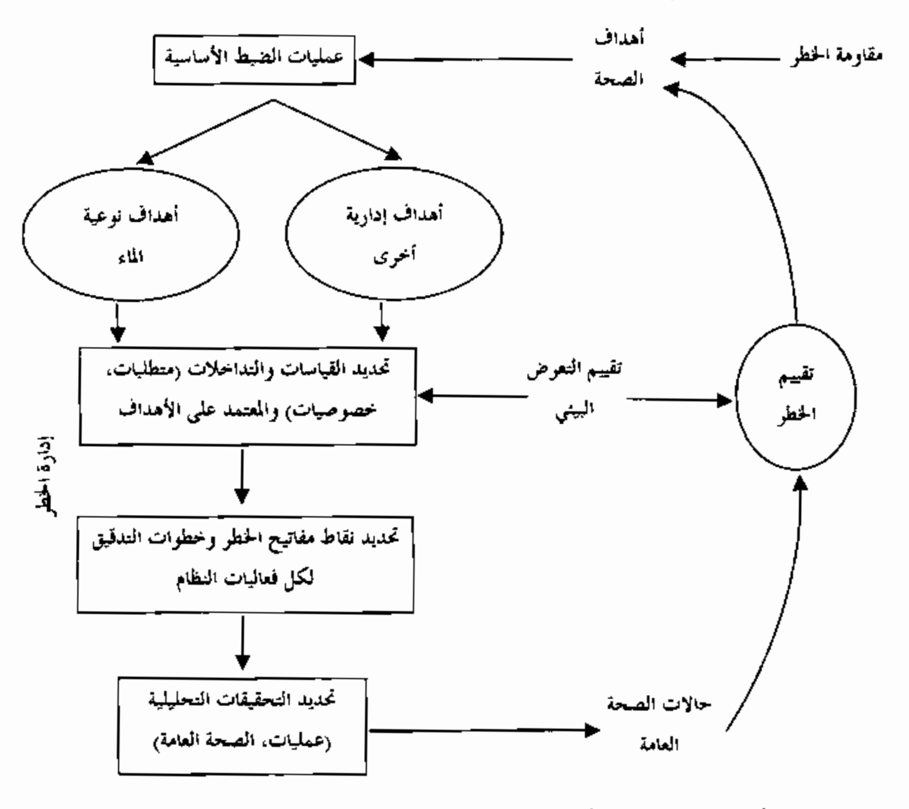
الجمع بين تلك التطورات قاد لاتجاه قاعدة الخطر لعملية التأكد من سلامة ماء الشرب (انظر الصندوق رقم ١,٣). تقليديا، فإن ماء الشرب تم اعتباره سليماً عندما يكون الكشف عن الماء المعالج لا يرى فيه وجود بكتيريا القولون في العينات اليومية لماء الشرب.

التقسيم الكمي للخطر، سلامة ماء الشرب يمكن شرحها عن طريق جمع معلومات كمية عن نوعية مصدر الماء، فاعلية المعاجلة وسلامة نظام التوزيع. وهذه ذات فائدة للإمداد بالماء كما أن الهيئات ذات العلاقة عليها التبصير إلى مستوى الحفظ الاستهلاكي والإمداد بمعلومات بخصوص قوة وضعف الأنظمة المنصوبة لحماية نوعية ماء الشرب. يظل الإنتاج النهائي الاسترشادي مهماً لفترة طويلة للتحقق من ضبط النظام.

تأسيس نظام لإدارة الخطر طويل المدى وأساسي لماء الشرب ليس من المعتمد في حالة العائق المفرد ضد الكائنات الحية الدقيقة المرضة، ولكن لاستخدام عملية العائق متضاعف. هذه تتضمن ليس فقط عائقاً متضاعفاً في معالجة المياه، ولكن يشمل عملية أكثر من المصدر إلى حنفية المستهلك (انظر الشكل رقم ١,١). وكما تم اقتراحه في الأعلى، في حالة التخطيط لإستراتيجية إدارة الخطر الفعالة، فإن المعلومات مطلوبة في التالي:

- النوعية الميكروبيولوجية لمصدر الماء وتغيراته. نوعية مصدر الماء، تحت ظروف عادية وخلال قمة الأحداث. تحديد مستوى مطلوب للمعالجة. المعلومات عن مستوى التلوث عند نقطة التلخيص يمكن استخدامها للتخطيط الأنظمة معالجة ملائمة ولتخطيط عمليات تشغيل تتعامل مع معظم الأحداث.
- فعالية عمليات معالجة المياه لإزالة الكائنات الحية الدقيقة وتغيراتها. حيث إن المعلومات مطلوبة في فعالية عمليات المعالجة المختلفة (كما في وحدة العملية وفي الاتحاد مع العمليات الأخرى) في إزالة الممرضات (Haas, 1999; USEDA, 1991).

- المصادر وخطر معالجة التلوث السابق. مثل تلك الاعتبارات تعتبر الأساس لتكوين إدارة الخطر وحتى هيكل أو عملية كبيرة، حيث أنها أيضاً تعطي لخطر المقاومة، وأهداف نوعية الماء وحالات الصحة العامة. وكما تم توضيحه في الشكل رقم (٤,١).




**الشكل رقم (٤,١). هيكل عمل القرار (حوّرت من، Bartram *et al.*, 2001).**

على الرغم من أن بعض قياسات الدليل والمؤشر يمكن أن تخدم كتضاعف هدفي، فإنه لا يوجد قياس مفرد يمكن أن يملأ كل المعلومات المطلوبة. الفصل الأخير سوف يعطي استرشاداً في تطبيقات القياسات البارومترية للمعلومات الخاصة المطلوبة:

الحماية وتقييم مصدر نوعية الماء وتقييم فاعلية المعالجة وضبط نوعية ماء الشرب التي تم توزيعها (المغادرة) أجهزة المعالجة في نظام التوزيع.

ليس التأكيد في الاستخدام عن التوضيح في نوعية ماء الشرب وكقواعد في القرار عن إدارة الخطر.

**(١,٨) الملخص**

ماء الشرب المحتوي على كائنات حية دقيقة ممرضة ربما يسبب أمراضاً ولتلك الأهمية لا بد من وجود بعض القياس (القياسات) والتي تؤسس سلامة الماء للشرب. لمعظم الأجزاء إلى العديد من المرضات المختلفة للكشف وكما أن معظم الممرضات تشتق من المواد البرازية فإن فكرة استخدام عدم وجود البكتيريا الممرضة كدليل للتلوث البرازي والذي تم تطويره.

أساساً فإن القليل من القياسات البارومترية تستخدم، ولكن الآن أكثر من تقنيات وطرق متوافرة. من الممكن الكشف عن دليل أو مؤشر قياسي واسع (ميكروبي وغير ميكروبي) وأيضاً ممرضات وهناك اتجاه قوي لاستخدام القياسات البارومترية خلال عمليات الإنتاج المائي وختاماً، فإنها تعتبر تحديداً لعملية الاستهلاك لخطط الماء السليم.

بدأت الطرق الحديثة بثبات تتطوّر، مداها من زيادة الكشف عن وجود المرضات إلى فترة حقيقية زائدة عن الكشف القياس الميكروبي وغير الميكروبي.

تطوير طرق حديثة ومحسّنة مع الاحتياج في اليقظة والاعتبار لنشوء أخطار، ينتج عنها الاحتياج لتكرار لإعادة التقدير للعمليات الجيدة ومؤشرات القياسات البارومترية.

# المراجع

Ainsworth, R.A. (2002) Water quality changes in piped distribution systems. World Health Organization.

Allen, MJ., Clancy, J.L. and Rice, E.W. (2000) Pathogen monitoring - old baggage from the last millennium. *Journal of the American Water Works Association* 92(9), 64-76.

Anon (1969) Reports on Public Health and Medical Subjects No. 71. Her Majesty's Stationery Office, London.

Anon (1998) European Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption.

Anon (1999) *Waterborne Pathogens.* A WW A Manual of Water Practices, M48. American Water Works Association, Denver, Colorado.

Barrell, R.A.E., Hunter, P.R. and Nichols, G. (2000) Microbiological standards for water and their relationship to health risk. *Communicable Disease and Public Health* 3(1), 8-13.

Bartram, J. and Helmer, R. (1996) Introduction. In: *Water Quality Monitoring. A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes.* Bartram, J. and Balance, R. (Eds.) E & FN Spon, London. pp. 1-8.

Bartram, J., Fewtrell, L. and Stenstrom, T-A. (2001) Harmonised assessment of risk and risk management for water-related infectious disease: an overview. In: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London. pp. 1-16

Bartram, J. (1998) Effective monitoring of small drinking water supplies. In: *Providing Safe Drinking water in Small Systems.* Cotruvo, J., Craun, G. and Hearne, N. (Eds.) Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. pp. 353366.

Bej, A.K., Dicesare, J.L., Haff, L. and Atlas, R.M. (1991) Detection of *Escherichia coli* and *Shigella* spp. in water using the polymerase chain reaction and gene probes for uid. *Applied and Environmental Microbiology* **57,1013-1017.**

Berg, G.T. and Metcalf, T. (1978) Indicators of viruses in waters. In: *Indicators of Viruses in Water and Food.* Ann Arbor Science.

Bruce-Grey-Owen Sound Health Unit (2000) The investigative report on the Walkerton outbreak of waterbome gastroenteritis. http://www.publichealthbrucegrey.on.ca/pri vate/Report/SPReporthtm

Budd, W. (1873) *Typhoidfever: its nature, mode of spreading and prevention.* Longmans, London. 193 pp.

CDR (1998) Emerging pathogens and the drinking water supply. *CDR Weekly* 8(33), 292.

Davison, A., Howard, G., Stevensm M., Callan, P., Kirby, R., Deere, D. and Bartram, J. (2002) *Water Safety Plans.* WHO/SHE/WSH/02/09 World Health Organization, Geneva, Switzerland.

Deere, D., Stevens, M., Davison, A., Helm, G. and Dufour, A. (2001) Management Strategies. In: *Water Qulaity: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London. pp. 257-288.

Dufour, A.P. (1977) *Escherichia coli:* the fecal coliform. In: *Bacterial indicators/health hazards associated with water.* Hoadley, A.W. and Dutka, B.J. (Eds.) ASTM, Philadelphia. pp. 48-58.

Dufour, A.P. and Cabelli, V.J. (1975) Membrane filter procedure for enumerating the component genera of the coliform group in seawater. *Applied Microbiology* **26**, 826-833.

Ebringer, A. and Wilson, C. (2000) HLA molecules, bacteria and autoimmunity. *Journal of Medical Microbiology* 49(4), 305-311.

Edelman, R. and Levine, M.M. (1986) Summary of an international workshop on typhoid fever. *Reviews of Infectious Disease* 8, 329-349.

Eijkman, C. (1904) Die Garungsprobe bei 46°C als Hilfsmittel bei der Trinkwasseruntersuchung. *Cbl. Bakteriol. Abth* 1. *Drog.* 37, 742-752.

Escherich, T. (1885) Die Darmbakterein des Neugeborenen und Sauglings. *Fortschritte der Medecin* 3,515 and 547.

Ferreira Jr., A.G., Ferreira, S.M., Gomes, M.L. and Linhares, A.C. (1995) Enteroviruses as a possible cause of myocarditis, pericarditis and dilated cardiomyopathy in Belem, Brazil. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 28(8), 869-874.

Fewtrell, L. and Bartram, J. (2001) *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* IW A Publishing, London, UK.

Frankland, P. and Frankland, P. (1894) *Microorganisms in Water; Their Significance, Identification and Removal.* Longmans, Green & Co., London, UK.

Fricker, E.J. and Fricker, C.R. (1994) Application of polymerase chain reaction to the identification of *Escherichia coli* and coliforms in water. *Letters in Applied Microbiology* 19(1), 44-46.

Geldreich, E.E., Huff, C.B., Bordner, R.H., Kabler, P.W. and Clark, H.P. (1962) The faecal coli-aerogenes flora of soils from various geographical areas. *Journal of Applied Bacteriology* 25,87-93.

Gerba, C.P. and Rose, J.B. (1990) Viruses in source and drinking water. In: *Drinking Water Microbiology: Progress and Recent Developments.* McFeters, G.A. (Ed.). Springer-Verlag, New York, USA.

Grabow, W.O.K., Coubrough, P., Nupen, E.M. and Bateman, B.W. (1984) Evaluation of coliphages as indicators of virological quality of sewage-polluted water. *Water SA* 10(1), 7-14.

Grabow, W.O.K., Taylor, M.B. and de Villiers, J.C. (2001) New methods for the detection of viruses: call for review of drinking water quality standards. *Water Science and Technology* 43(12), 1-8.

Haas. C.N. (1999) Disinfection. In: *Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies. Fifth Edition.* Letterman, R.D. (Ed.) McGraw-Hill, New York, USA. pp.14.1-14.6.

Haas, C.N. (1983) Estimation of risk due to low doses of microorganisms: a comparison of alternative methodologies. *American Journal of Epidemiology* 118, 573-582.

Havelaar, A.H., van Olphen, M. and Drost, Y.C. (1993) F-specific RNA bacteriophages are adequate model organisms for enteric viruses in fresh water. *Applied and Environmental Microbiology* 59,2956-2962.

Havelaar, A.H. (1993) The place of microbiological monitoring in the production of safe drinking water. In: *Safety of Water Disinfection. Balancing chemical and microbial risks.* Craun G.F. (Ed.) n..SI press, Washington, DC.

HMSO (1999) The Water Supply (Water Quality) (Amendment) Regulations 199, *Statutory Instrument* 1999 *No.* 1524. Her Majesty's Stationery Office, London.

Horwitz, M.S., Bradley, L.M., Harbertson, J., Krahl, T., Lee, J. and Sarvetnick, N. (1998) Diabetes induced by Coxsackie virus: initiation by bystander damage and not molecular mimicry. *Nat. Med.* 4(7), 781-785.

Hunter, P.R. and Fewtrell, L. (2001) Acceptable risk. In: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London. pp.207-227.

Hunter, P.R. and Syed, Q. (2001) Community surveys of self-reported diarrhoea can dramatIcally overestimate the size of outbreaks of waterborne cryptosporidiosis. *Water Science and Technology* 43, 27-30.

Hunter, P.R. (1997) *Waterborne Disease. Epidemiology and Ecology,* John Wiley and Sons, Chichester, United Kingdom.

Hunter, P.R. (2000) Advice on the response to reports from public and environmental health to the detection of cryptosporidial oocysts in treated drinking water. *Communicable Disease and Public Health* 3, 24-27.

Hurst, CJ., Knudsen, G.R., McInerney, MJ., Stetzenbach, L.D. and

Walter, M.V. (2001) *Manual of Environmental Microbiology, 2nd Edition.* American Society for Microbiology Press, Washington, DC.

Huttly, S.R.A. (1990) The impact of inadequate sanitary conditions on health in developing countries. *World Health Statistics Quarterly* 43,118-126.

Isaac-Renton, J., Moorhead, W. and Ross, A. (1996) Longitudinal studies of *Giardia* contamination in two adjacent community drinking water supplies: cyst levels, parasite viability and health impact. *Applied and Environmental Microbiology* **62,47-54.**

Issac-Renton, J., Lewis, L., Ong, C. and Nulsen, M. (1994) A second community outbreak of waterborne giardiasis in Canada and serological investigation of patients. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* **88,** 395-399.

Koch, R. (1893) Ueber denaugenblicklichen stand der bakeriologischen Cholera diagnose. *Zeitschiftfur Hygiene* **XIV,** 319.

Kuhn, l., Iversen, A., Burman, L.G., Olsson-Liljequist, B., Franklin, A., Finn, M., Aerestrup, F., Seyfarth, A.M., Blanch, A.R., Taylor, H., Capllin, J., Moreno, M.A., Dominguez, L. and Mollby, R. (2000) Epidemiology and ecology of enterococci, with special reference to antibiotic resistant strains, in animals, humans and the environment. Example of an ongoing project within the European research programme. *Internal Journal of Antimicrobial Agents* 14(4), 337-342.

LeChevallier, M.W. and Au, K.K. (2002) Water treatment for microbial control: A review document. World Health Organization.

LeChevallier, M.W., Abbaszadegan, M., Camper, A.K., Hurst, CJ., Izaguirre, G., Marshall, M.M., Naumovitz, D., Payment, P., Rice, E.W., Rose, J., Schaub, S., Slifko, T.R., Smith, D.B., Smith, H.V.,

Sterling, C.R. and Stewart, M. (1999a) Committee report: Emerging pathogens - bacteria. *Journal of the American Water Works Association* 91(9),101-109.

LeChevallier, M.W., Abbaszadegan, M., Camper, A.K., Hurst, CJ., Izaguirre, G., Marshall, M.M., Naumovitz, D., Payment, P., Rice, E.W., Rose, J., Schaub, S., Slifko, T.R., Smith, D.B., Smith, H.V.,

Sterling, C.R. and Stewart, M. (1999b) Committee report: Emerging pathogens - viruses, protozoa, and algal toxins. *Journal of the American Water Works Association* 91(9),110-121.

LeChevallier, M.W., Norton, W.D. and Lee, R.G. (1991) *Giardia* and *Cryptosporidium* spp. in filtered drinking water supplies. *Applied and Environmental Microbiology* 57(9),2617-2621.

Mack, W.N. (1977) Total coliform bacteria. In: *Bacterial Indicators/Health Hazards Associated with Water.* Hoadley, A.W. and Dutka, BJ. (Eds.) ASTM, Philadelphia, pp. 59-64.

MacKenzie, W.R., Hoxie, NJ., Proctor, M.E., Gradus, M.S., Blair, K.A., Peterson, D.E., Kazmierczak, J.J., Addiss, D.G., Fox, K.R., Rose, J.B. and Davis, J.P. (1994) A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *New England Journal of Medicine* 331(3), 161-167.

Makela, A. and Maybeck, M. (1996) Designing a monitoring programme. In: *Water Quality Monitoring.* Bartram, J. and Balance, R. (Eds.) E&FN Spon, London, pp. 35-59.

McFeters, G.A. (1990) *Drinking Water Microbiology.* Springer-Verlag, New York.

Mead, P.S., Slutsker, L., Dietz, V., McCraig, L.P., Bresee, J.S., Shapiro, C., Griffin, P.M. and Tauxe, R.V. (1999) Food-related illness and death in the United States. *Emerging Infectious Diseases* 5(5), 607-625.

Melnick, J.L. and Gerba, C.P. (1982) Viruses in surface and drinking waters. *Environmental International* 7, 3-7.

Morris, R.D. and Levine, R. (1995) Estimating the incidence of waterbome infectious disease related to drinking water in the United States. In: *Assessing and Managing Health Risks from Drinking Water Contamination: Approaches and Applications.* Reichard, E.G., Zapponie, G.A. (Eds.) IAHS Press, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom, pp. 75-88.

Mossel, D.A.A. (1978) Index and indicator organisms: a current assessment of their usefulness and significance. *Food Technology, Australia* **30,** 212219.

Payment, P. (1997) Epidemiology of endemic gastrointestinal and respiratory diseases - incidence, fraction attributable to tap water and costs to society. *Water Science and Technology* 35, 7-10.

Payment, P. and Armon, R. (1989) Virus removal by drinking water treatment processes. *CRC Critical Reviews in Environmental Control* 19, 15-31.

Payment, P., Richardson, L., Siemiatycki, 1., Dewar, R., Edwards, M. and Franco, E. (1991) A randomized trial to evaluate the risk of gastrointestinal disease due to consumption of drinking water meeting currently accepted microbiological standards. *American Journal of Public Health* **81**, 703-708.

Payment, P., Siemiatycki, J., Richardson, L., Renaud, G., Franco, E. and Prevost, M. (1997) A prospective epidemiological study of gastrointestinal health effects due to the consumption of drinking water. *International Journal of Environmental Health Research* 7, 5-31.

Petrilli, F.L., Crovari, P., DeFlora, S. and Vannucci, A. (1974) The virological monitoring of water. I. Drinking water. *Boll. 1st. Seiroter, Milan* 53, 434442.

Pipes, W.O. (1982) Indicators and water quality. In: *Bacterial Indicators of Pollution.* Pipes W.O. (Ed.). CRC Press, Boca Raton. pp. 83-96.

Prendergast, M.M. and Moran, A.P. (2000) Lipopolysaccharides in the development of the Guillain-Barre syndrome and Miller Fisher syndrome forms of acute inflammatory peripheral neuropathies. *Journal of Endotoxin Research* 6(5), 341-359.

Priiss, A., Kay, D., Fewtrell, L. and Bartram, J. (2002) Estimating the burden of disease due to water, sanitation and hygiene at global level. *Environmental Health Perspectives* IN PRESS.

Regli, S., Berger, P. and Macler, B. (1993) Proposed decision tree for management of risks in drinking water: consideration for health and socioeconomic factors. In: *Safety of Water Disinfection: Balancing Chemical and Microbial Risks.* Craun G.F. (Ed.) ILSI Press, Washington, D.C. pp. 39-80.

Regli, S., Rose, J.B., Haas, C.N. and Gerba, C.P. (1991) Modelling the risk from *Giardia* and viruses in drinking water. *Journal of the American Water Works Association* 83(11), 76-84.

Roivainen, M., Rasilainen, S., Ylipaasto, P., Nissinen, R., Ustinov, J., Bouwens, L., Eizirik, D.L., Hovi, T. and Otonkoski, T. (2000) Mechanisms of coxsackievirus-induced damage to human pancreatic beta-cells. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 85(1), 432-440.

Rose, J.B. and Gerba, C. (1991) Use of risk assessment for development of microbial standards. *Water Science and Technology* 24(2), 29-34.

Rosen, J. and Ellis, B. (2000) The bottom line on the ICR Microbial data. Paper ST6-3 In: *Proceedings of A WWA Water Quality Technology Conference 2000.* Salt Lake City, Utah.

Schardinger, F. (1892) Ueber das Vorkommen Gahrung Errengeneder Spaltpilze im drinkwasser und ihre Bedeutung for die Hygienishe Beurthelung Desselben. *Wien. Klin. Wochschr.* 5,403-405.

Shanmugam, J., Raveendranath, M. and Balakrishnan, K.G. (1986) Isolation of ECHO virus type-22 from a child with acute myopericarditis - a case report. *Indian Heart Journal* 38(1), 79-80.

Snow, J. (1855) *On the Mode of Communication of Cholera.* John Churchill, London.

Spinner, M.L. and DiGiovanni, G.D. (2001) Detection and identification of mammalian reoviruses in surface water by combined cell culture and reverse transcription - PCR. *Applied and Environmental Microbiology* 67(7), 3016-3020.

Stenstrom, T .A. (1994) A review of waterbome outbreaks of gastroenteritis in Scandinavia. In: *Water and Public Health.* Golding, A.M.B., Noah, N. and Stanwell-Smith, R. (Eds.) Smith-Gordon & Co., London. pp. 137143.

Uemura, N., Okamoto, S., Yamamoto, S., Matsumura, N., Yamaguchi, S., Yamakido, M., Taniyama, K., Sasaki, N. and Schlemper, R.J. (2001) *Helicobacter pylori* infection and the development of gastric cancer. *New England Journal of Medicine* 345(11), 784-789.

US Department of Health and Human Services (1998) *Preventing emerging infectious diseases: A strategy for the 2Ft century.* US Department of Health and Human Services, Atlanta, Georgia.

USEPA (1991) *Guidance Manualfor Compliance with Filtration and Disinfection Requirements for Public Water Systems using Suiface Water Sources.* US Environmental Protection Agency, Washington, DC.

USEPA (1989) National Primary Drinking Water Regulations: filtration, disinfection, turbidity, Giardia lamblia, viruses, Legionella, and heterotrophic bacteria; Final Rule (40 CFR Parts 141 and 142). *Federal Register* 54(124).

USEPA (2000) National Primary Drinking Water Regulations: Long term I enhanced surface water treatment and filter backwash rule (40 CFR Parts 141 and 142). *Federal Register Proposed Rule* 65(69).

van der Kooij (1993) Importance and assessment of the biological stability of drinking water in the Netherlands. In: *Safety of Water Disinfection: Balancing Chemical and Microbial Risks.* Craun, G.F. (Ed.) ILSI Press, Washington, DC. pp. 165-179.

Waite, W.M. (1991) Drinking water standards - a personal perspective. In: *Proceedings of the UK Symposium on Health-related Water Microbiology.*

Morris R. et al. (Eds.). International Association for Water Pollution Research and Control, London. pp 52-65.

White, G.C. (1999) *Handbook of Chlorination.* John Wiley & Sons Inc. New York.

Whitlock, E.A. (1954) The waterbome diseases of microbiological origin. Paper presented at the Annual Conf. of the N at. Assoc. of Bath Superintendents 1954, Anderson Ltd, Stepney Green, United Kingdom.

WHO (1976) *Surveillance of Drinking water Quality,* World Health Organization, Geneva.

WHO (1993) *Guidelines for Drinking water Quality. Volume:, Recommendations. Second Edition.* World Health Organization, Geneva. Second Edition.

WHO (1997) *Guidelines for Drinking water Quality, Volume* 3: *Surveillance and Control of Community Supplies. Second Edition.* World Health Organization, Geneva. Second Edition

WHO (1998) Emerging and re-emerging infectious diseases. Fact sheet no. 97. (http://www.who.int/inf-fs/en/fact097 .html).

الفصل الثاني

# تقديم القياسات البارامترية لتقييم نوعية ماء الشرب

*P. Payment, M. Waite and A. Dufour*

**ملاحظة :** الإيحاء وبعض النص من منظمة الصحة العالمية (WHO) والاسترشادات من (WHO 1996;1997) تم استخدامها أيضاً لتجهيز هذا الفصل.

## (١,٢) المقدمة

قدم الفصل الأول لظاهرة الدليل والمؤشر كما أوضح عدداً من الكائنات الحية الدقيقة (والمجاميع من الكائنات الحية الدقيقة) والقائم تكييفها في تحقيق الكشف عن هل ماء الشرب آمن ميكروبيولوجياً للشرب؟ هذا الفصل للفحوصات عن مدى كلٍ من القياسات البارامترية الميكروبية وغير الميكروبية، كما يلخص استخداماتها وتطبيقاتها.

هدفه أيضاً التأثير كتقديم للقياسات البارامترية والتي يمكنها أن تستخدم لتقييم نوعية (جودة) مياه الشرب ومعلومات إضافية لاستخدامها في المناطق الخاصة وهذا يتواجد في الفصول المتتالية.

القوة المبكرة خلف الفحوص البكتيريولوجية لماء الشرب كانت للتأكد من أن الماء المستهلك كان ملوثاً. الكثير من المستهلك لم يستقبل معالجة كما أن مثل تلك المعالجة تطبيقية وكانت تهدف أساساً لتحسين الجودة (النوعية) الجمالية.

عند ذلك الزمن الذي كان مطلوباً هو الذي يشير إليه حالياً للكائن الدقيق الدليل، على الرغم من أن المصطلح مؤشر كان يتم تطبيقه عموماً. ومنذ أن تم ملاحظة القياسات البارامترية الميكروبية، والتي يمكنها تقديم معلومات ذات فائدة طوال عمليات إنتاج ماء الشرب، متضمنة البحث عن وصفات المصدر المائي وفاعلية المعالجة وفحص نظام (شبكة) التوزيع.

تحوير مصطلح الدليل والمؤشر كما تم اقتراحه بواسطة (Waite, 1991)، وكما تم شرحه بإيجاز في الفصل الأول. يمكن أن تعطي كائنات الدليل قياس لكمية البراز الملوث في المصدر المائي، بينما مؤشر القياس البارومتري يمكن أن يستخدم لإعطاء معلومات عن الفاعلية لمجاميع مخصصة من الكائنات الحية الدقيقة والتي تم إزالتها أو تم إعادة تنشيطها بواسطة عمليات المعالجة، مع وجودها بعد المعالجة فإنه يشير إلى أن الممرضات لا تزال متواجدة. على سبيل المثال، فإن وجود جراثيم البكتيريا مختزلة الكبريت Clostridia أو لاقمات البكتيريا في ماء الشرب المعالج يقترح وجود تواصل هائل ومقاومة للكائنات الحية الدقيقة ومقاومة، كما أن عدد المستعمرات للبكتيريا متباينة التغذية الهوائية أو العدد المجهري المباشر يمكن أن يقدم معلومات عن توافر المغذيات في الماء، وهذا ينتج عنه مشكلات فنية أو في وجود الممرضات الانتهازية. على الرغم من أن الممرضات مائية المنشأ يمكن ملاحظتها الآن (وبالفعل، الإنجاز نسبياً غالي، وذلك استهلاكاً للوقت).

أكثر قليلاً، فإن الأساس العقلي خلف المؤشر (الآن الدليل) للمظاهرة لا يزال يحمل صحيحاً، في ذلك المدى من الممرضات ربما يصب الماء من مادة برازية لأشخاص مصابين وحيوانات، وهناك ممرضات معوية لم تتم ملاحظتها حتى الآن.

كمثل تلك، لا يوجد تطبيق واحد ولا توصية لفحص الماء لكل ممرض معروف والذي فقط يتيح إثبات أن المستهلكين كانوا معرضين للممرضات حيث إن الفحص للكائنات الحية الدقيقة غير الممرضة كدليل للتلوث البرازي أو كمؤشر كاف يجيز ملاحظة المعالجة للجهد للممرضات في كونها تتواجد بدون الاحتياج لتواجدها الفعلي.

شرح هذا الفصل القياسات البارامترية للدليل والمؤشر وإبرازها لدراسة جيدة لمدى من الأهداف (والتي تستكشف أكثر في الفصول التالية)، مع التركيز تجاه التقليل من الأمراض البرازية المنقولة عن طريق الفم.

## (٢,٢) القياسات البارامترية الميكروبية

يوجز هذا القسم القياسات البارامترية الميكروبية المستخدمة في تقييم جودة مياه الشرب ؛ لفحص معظم الاستخدامات الملائمة، وسهولة التحليل وبعض التنظيمات والاستجابات ذات العلاقة لما هو موجود في العينة السالبة.

المميزات مثل نجاح القياسات، وصعوبات التقييم التقنية، والبقاء البيئي الميكروبي، والمقاومة للمعالجة قد تم اختصارها في نهاية القسم في الجدول رقم (٢,١)، بينما الجدول رقم (٢,٢) يختصر الملاءمة والمواءمة لكل قياس بارامتري لتقييم المصدر المائي، وفاعلية المعالجة إلى آخر القياسات.

تحتوي العدد من الوثائق على تفصيلات معلوماتية عن العينات المأخوذة لتحليل القياسات البارامترية الميكروبية وتخزينها وتنقلاتها (WHO, 1997; Anon, 1994; APHA,

(AWWA, WEF, 1998 على أي حال، فإن هناك العديد من النقاط والتي تم تلخيصها كالتالي:

- مراعاة الحذر في أن عينات الماء تمثل الماء المفحوص. هذا يتضمن المصطلحات للموقع وبناء نقاط العينات، تكرار العينات وأيضاً تقنية التعقيم المستخدمة بواسطة جامع العينات.
- إذا كانت العينة تحتوي على مطهّرات (مثل الكلورين، والكلورامين، وثاني أكسيد الكلور، أو الأوزون) فإن الصوديوم ثيوسلفايت لابد وأن يتضمن في حامل العينة وهذا يعمل على معادلة أي ترسيب. تركيز الراسب من المطهر والرقم الهيدروجيني عند نقطة العينة لا بد وأن تحدد في موعد جمع العينة.
- حتى يمكن التقليل من التغيرات في المحتوى الميكروبي، فإن العينات يجب ألاّ تتعرض إلى الضوء وأن يتم تبريدها حالاً بين درجة ٤–١٠°م. حيث إن UNEP, WHO تؤكد على أنه إذا لم تبرد فإنه لا بد من فحصها خلال ساعتين من أخذ العينات (Bartram and Balance, 1996). فحص العينات الباردة لا بد وأن يتم البدء به على وجه السرعة قدر الإمكان بعد الجمع، مثالياً خلال ست ساعات، مع ٢٤ ساعة ذات اعتبار كحد أقصى (WHO, 1997; Bortram; and Balance, 1996).

توجد في الفصل السادس معلومات إضافية عن جمع العينات. الطرق العالمية المقبولة للتحليل عن القياسات البارامترية الميكروبية تمت مناقشتها في هذا الفصل وتوجد في العديد من المصادر، المتضمنة (Anon, 1994) و (APHA, AWWA, WEF, 1998). المنظمة العالمية للقياسات (ISO)، بالإضافة إلى الكتب والطرق المنشورة (انظر الفصل الثامن).

معظم القياسات البارامترية التي تمت مناقشتها في التالي عادية في البيئة وببساطة يمكن تقديمها من خلال طريق العينات أو التحليل. وعليه فإن التوجيه لا بد من الحذر في مدى الاستجابة عند ملاحظتها في العينة المفردة للماء المعالج في غياب العوامل المؤيدة مثل مشكلات المعالجة، النقاط الحرجة لإعادة التلوث في التوزيع أو عدم وجود رواسب الكلورين. تتم ملاحظتها في وجود العوامل المؤيدة، مع تزامن الغياب، أو عند إعادة أخذ العينات، على أي حال لا بد من أخذها كدليل قوي حيث إن نوعية الماء في الإمداد قد تم تسويتها.

**(٢,٢,١) مجموعة القولون**

تتكون مجموعة القولون من البكتيريا ذات الصفات الكيموحيوية التي تستخدم لتعريف البكتيريا ذات العلاقة القريبة أو البعيدة للتلوث البرازي. يمثل القولون الكلي كل المجموعة، وهي تتضاعف عند ٣٧°م. تنمو بكتيريا القولون المقاومة للحرارة عند درجات حرارة أعلى من (٤٤,٢°م) وأنواع *E. coli* تعتبر مقاومة للحرارة وهي برازية المنشأ.

وجود أي بكتيريا قولونية، ما إذا كانت مقاومة للحرارة أو غير مقاومة، في الماء الخارج من عملية المعالجة يتطلب فحصاً سريعاً وتصحيح فاعلية. لا توجد فروق في محتوى القولون المعنوي، في حالة القولونيات المقاومة للحرارة و *E. coli* في الماء الخارج من أعمال المعالجة، كما أنها جميعاً تشير إلى أن المعالجة غير كافية، كما أن الفاعلية لا يجب ألاَّ تتأخر استناداً إلى أي من الأنواع لبكتيريا القولون التي تمت ملاحظتها. علاوة على ذلك فإن الفحص في شبكة (نظام) التوزيع، لا بد وأن يتم البدء به حالاً لاكتشاف مصدر التلوث.

**القولون الكلي**:كائنات القولون، إشارة جيدة كمحتوى كلي قولوني لتجنب التداخل مع الأخرى في المجموعة، هي ليست دليلاً للتلوث البرازي أو خطراً صحياً، ولكنها يمكن أن تقدم معلومات عن نوعية مصدر الماء. ولفترة طويلة كانت تستخدم كقياس ميكروبي لنوعية ماء الشرب، بتوسع بسبب أنها ذات ملاحظة بسيطة ويمكن حسابها في الماء.

قسمت تقليدياً بواسطة المراجع استناداً إلى الطريقة المستخدمة لحساب المجاميع وعليه فإن هناك اختلافات عديدة استناداً إلى طريقة الاستنبات عموماً، التصنيف اعتماداً إلى الصفات التالية: سالبة لصبغة جرام، لا تكوّن جراثيم، عصوية الشكل، كما أنها تستطيع النمو عند وجود أملاح الصفراء أو عوامل ذات أسطح نشطة مع نمو مشابه لخاصية تثبيط النمو، سالبة الأوكسيديز، تخمر اللاكتوز عند ٣٥-٣٧°م مع إنتاج حمض، غاز والدهيد خلال ٢٤-٤٨ساعة.

تفترض هذه التعريفات طرق الاستنبات لغرض التوضيح والتعداد. وعليه فإن هناك حالياً تحرك تجاه التعريف الجيني المستند على المشاهدة في تكوين اللاكتوز، حيث إن الكائنات الحية لا بد وأن تمتلك أنزيم β-galactosidase النشط. باستخدام هذه الطريقة فإن المحتوى الكلي لبكتيريا القولون يعرّف بأنه عضو لأجناس أو أنواع لعائلة *Enterobocteriaceae* قادرة على النمو عند ٣٧°م وتمتلك أنزيم β -galactosidase .

تقليدياً، فإن المحتوى الكلي لبكتيريا القولون يفترض أنها تنسب إلى جنس *Escherichia* و *Citrobacter* و *Enterobacter* و *Klebsiella*. على أي حال، مهما يكن التعريف المختار، فإن المجموعة متباينة الأنواع. تتضمن العديد من البكتيريا المخمرة للاكتوز، مثل *Enterobocteriaceae* و*Citrobacter freimdii* والتي يمكن أن تتواجد في البراز

والبيئة (البيئات المائية والغنية بالغذاء- التربة وفضلات النباتات المتحللة) بالإضافة إلى أن مياه الشرب تحتوي نسبياً على تراكيز عالية من المغذيات. تتضمن أيضاً عدداً من الأجناس مثل *Budvicia* و *Rahnella*، والتي لم توجد على الإطلاق في براز الحيوانات الثديية.

بسبب أن المحتوى الكلي لبكتيريا القولون لذات المنشأ غير البرازي يمكن أن يدخل في الماء الطبيعي، فإن وجودها يمكن أن يكون أحياناً مقاوماً في المياه غير المعالجة أو في مياه غير الشبكة، في غياب الكثير من القياسات البارامترية خاصة الدليل.

إذا ما أمكن توضيح أن بكتيريا القولون في الماء ليست قادمة من البراز، وعليه فلا يوجد إصحاح معنوي، النفقة لاكتساب إبادة بكتيريا القولون ربما تكون ذات اعتبار غير مهم كما أن العديد من القياسات تتطلب فقط غياب العدد الكلي لبكتيريا القولون من ٩٥٪ للعينات من أنظمة التوزيع. على أي حال، إذا استخدمت كمؤشر لفعالية المعالجة، فإن المحتوى الكي لبكتيريا القولون لا بد ألاّ يلاحظ في الماء الخارج من أعمال المعالجة وفي مثل تلك الحالات فإن ملاحظتها لا بد وأن تستحث حالاً البحث وتصحيح العمل.

تحت ملاحظتها بواسطة طريقة استنبات بسيطة وغير مكلفة والتي تتطلب روتيناً عادياً لتجهيزات بكتيريولوجية معملية، ولكن تحتاج إلى متدربين على مستوى وتكوين جيد لعاملين مختبر. كما أنها ذات وضع خطر قليل جداً لصحة العاملين في المختبر؛ لإعطاء قياسات جيدة لصحة المختبر.

**بكتيريا القولون المقاومة للحرارة (البرازيــة):** على الرغم من أن مصطلح القولون البرازي، من كونه يطبق تكراراً، فإنه ليس صحيحاً. المصطلح الصحيح لهذه الكائنات الحية هو القولونيات المقاومة للحرارة، وتعرف بكونها مجموعة قولونية شاملة ذات

قدرة على تخمير اللاكتوز عند ٤٤-٤٥°م. تشمل الأجناس *Escherichia*، ولمدى ضئيل من أنواع *Klebsiella* و *Enterobacter* و *Citrobocter*.

فيما يتعلق بتلك الكائنات الحية، فإنها فقط *E. coli* (مغطاة في القسم التالي) وذات اعتبار خاص في كونها برازية المنشأ، حيث تظهر دائماً في براز الإنسان وبعض الثدييات والطيور بأعداد كبيرة ونادراً في أي وقت، إذا وجدت في الماء أو التربة في المناخ المعتدل والذي للآن لم يكن موضوع التلوث البرازي على الرغم من إمكانية إعادة نموها في البيئة الحارة (Fujiok *et al.*, 1999).

ربما تنشأ بكتيريا القولون المقاومة للحرارة غير *E. coli* من الماء الغني بالمغذيات مثل التدفقات الصناعية أو من أجزاء النبات المتحللة والتربة. في الماء المداري وتحت المداري، فإن بكتيريا القولون المقاومة للحرارة ربما تتواجد بدون أي علاقة مرئية لتلوث الإنسان، كما أنها تواجدت في الخضروات وفي الغابات المطرة المدارية. وهذا يعني أن حدوثها في تلك البيئات لا يعني الضرورة اقتراح التلوث البرازي بواسطة الإنسان. على أي حال، فإن وجودها في الماء المعالج لا يجب أن يهمل، وكاقتراح أساسي أن المرضات ربما تتواجد وتلك المعالجة غير كافية ولا تزال ذات تشغيل جيد.

القولونيات المقاومة للحرارة أقل دليل للثقة للتلوث البرازي أكثر من *E. coli* على الرغم من أنه تحت معظم الظروف وخصوصاً في المناطق المعتدلة، في الماء السطحي فإن تراكيزها تنسب مباشرة إلى تراكيز *E. coli*. استخدامها لفحص نوعية الماء ذي اعتبار مقبول عندما لا توجد طريقة أخرى متاحة. على أي حال، كطرق التحضير للفحص عن بكتيريا القولون المقاومة للحرارة و *E. coli* عندما تكون متاحة، هذه الطرق لا بد وأن يتم تمييزها.

القولونيات مقاومة الحرارة من السهولة ملاحظتها كما أن مختلف طرق القياسات العالمية والبيئات لملاحظتها متوافرة (ISO 9308-1: ISO 9308-2). تتطلب تلك الطرق تجهيزات معملية بكتيريولوجية أساسية ومشتغلين على مستوى عالٍ من التدريب. ولا بد أن يمتلكوا خطورة قليلة للصحة من جراء إعطاء قياسات صحيحة جيدة للمعمل.

**البكتيريا *Escherichia coli***: تصنيفياً فقد تم تعريفها على أنها أعضاء لعائلة *Enterobacteriaceae* وتمتاز بكونها تمتلك إنزيمات β-galactosidase و β-glucuornidase ، وتنمو عند ٤٤-٤٥°م على البيئات المركبة وتخمر اللاكتوز والمانيتول مع إنتاج حمض وغاز، وتنتج أندول من تربيتوفان. على أي حال، تستطيع بعض السلالات النمو عند ٣٧°م ولكن ليس عند ٤٤-٤٥°م، وبعضها لا ينتج غاز، البكتيريا *E. coli* لا تنتج إنزيم Oxidase وتحلل اليوريا.

إذا كان الماء معالج من خلال الامتداد الأنبوبي، فإن العينة الموجبة تقترح أن الضعف أو الدخول قد حدث، مثل الانحلال في المطهر والمعالجة قبل أن يكون المطهر قد ضعف، أو تلوث الماء قد أقحم في النظام، حالاً لا بد من أخذ فعل؛ وذلك لاكتشاف مصدر التلوث ولأخذ خطوات ملائمة (والتي سوف تعتمد على مستوى التلوث) لحماية المستهلكين حتى يتم حل المشكلة.

يمكن ملاحظة *E. coli* ببساطة، كما أنها غير مكلفة، كما أن طرق الاستنبات تتطلب تجهيزاً روتينياً عادياً بكتيريولوجياً، ولكنها تتطلب تدريباً جيداً وتجهيزاً مختبرياً عملياً كاف. يمكن أن تعتبر خطراً صحياً للعاملين في المختبر حيث إن بعض السلالات من هذا الكائن ممرضة.

**(٢,٢,٢) البكتيريا *Enterococci* والبرازية *Streptococci***

تستخدم سلسلة تكوين الموجبة لصبغة جرام الكروية لوضعها في *Streptococcus* والبرازية *Streptococci* حيث إن هذه *Streptococci* تتواجد عموماً في براز الإنسان والحيوان، جميعها تمتلك Lacefield مجموعة D مولد المضاد. تحت المجموعة للبرازية *Streptococci*، والتي نسبياً مقاومة لكلوريد الصوديوم والرقم الهيدروجيني القاعدي، تم وضعها تحت الجنس *Enterococcus* معظم أنواع *Enterococcus* برازية المنشأ؛ كما يمكن اعتبارها عموماً دليلاً للتلوث البرازي للإنسان لمعظم الأغراض التطبيقية. البكتيريا *Streptococci* البرازية ذات مقاومة أكبر للضغط والكلورة أكثر من *E. coli* وبكتيريا القولون الأخرى. على الرغم من أن كلا *Streptococci* و *Enterococci* لا تزال تستخدم كقياسات بارامترية لكواشف ماء الشرب، فإن *Enterococci* يظهر في كونها تحل محل *Streptococci* البرازية كقياس بارامتري للاختيار في كونها برازية المنشأ من الحيوانات ذات الدم الحار.

البكتيريا *Enterococcci*، كدليل للتلوث البرازي، يمكن أيضاً أن تستخدم لإكمال البكتيريا *E. coli* في إكمال التقييم في المناخ الاستوائي (حيث *E. coli* أقل ملاءمةً بسبب الشك في تضاعفها) في تقدير مصدر الماء الجوفي.

التعريف الكامل للكائن معقد جداً للاستخدام الروتيني، ولكن عدد من الاختبارات تطوّر لتعريف سريع وموثوق مع درجة مقبولة من الصحة. بعض هذه الطرق تم ضبطها عند مستويات عالمية ومحلية (ISO 9308-1; ISO 9308-2) وتقبل عند الاستخدام التقليدي، البعض لا يزال في طور التطوير أو التقدير.

وتنتشر *E. coli* في براز الإنسان والحيوان، وفي البراز الطازج ربما تصل لتركيز ١٠[٩] في الجرام. توجد في الصرف الصحي والمتدفقات المعالجة وفي كل المياه الطبيعية والتربة استناداً إلى التلوث البرازي الحديث، إما من الإنسان، وإما من الحيوانات البرية وإما من النشاط الزراعي.

تم اقتراح أنها ربما تتواجد أو حتى تتضاعف في المياه الاستوائية وليس إلى تلوث الإنسان البرازي (Fujioka *et al*., 1999) على أي حال حتى في المناطق الموحشة، فإن التلوث البرازي بواسطة الحيوانات الوحشية، والمشتمل على الطيور وحيث لا يمكن إزالته، وهذا أدى إلى اقتراح المزيد من البحث.

بسبب أن الحيوانات يمكنها نقل المرضات والمعدية للإنسان، فإن *E. coli* لا يجب عدم إهمالها؛ بسبب وجود القولونيات مقاومة للحرارة، فإن الافتراض لا يزال قائم في أن الماء ملوث برازياً وأن المعالجة غير مجدية.

البكتيريا *E. coli* يشار إليها بتوسع على أنها دليل للتلوث البرازي، كما أنه يستخدم بتوسع كمؤشر لفعالية المعالجة وعلى الرغم مع المؤشرات القولونية الأخرى، فإنها أكثر حساسية إلى المطهر أكثر من المرضات (على وجه الخصوص الفيروسات والأوليات). ملاحظة *E. coli* في الماء المغادر أعمال المعالجة ذي معنى مساوٍ للقولونيات الأخرى، ولكن غيابها لا يعني بالضرورة أن مؤشر المرضات قد تم إزالته. بسبب أن *E.coli* مؤشر التلوث البرازي الحالي، مع أي وجود موجب الاعتبار لا بد وأن تعطى لخطوات مهمة لأخذها لحماية المستهلكين. في حادثة لأكثر من عينة واحدة ذات علاقة تحتوي على *E. coli*، أو ملاحظة هيئة معنوية مثل انحراف المعالجة، نقطة التوجيه إلى الماء المغلي المقصود فيه للشرب، ربما يعتبر ملائماً (انظر الفصل السابع).

على أي حال، في العديد من المشاهدات ربما من المقبول أن نوجب الاستجابة لأخذ المزيد من العينات والفحص الصحي لوضع تقييم تفسير للنتائج الأولية.

البكتيريا *Enterococci* يمكن أيضاً أن تستخدم كمؤشر إضافي لفعالية المعالجة. وهي عالية المقاومة للجفاف وهذا ربما يكون مهماً للروتين المقاوم بعد النقطة الجديدة أو الطرح أو أنظمة التوزيع التي تم إصلاحها، أو لملاحظة التلوث للماء الجوفي أو الماء السطحي بواسطة ماء المطر السطحي. في بريطانيا تم استخدامها لتقييم معنوية النتائج غير المؤكدة من الكائنات الحية الأخرى (Gleeson and Gray, 1997).

يتم ملاحظة *Enterococci* بواسطة طرق الاستنبات البسيطة وغير المكلفة والتي تتطلب روتين اًمعملياً بكتريولوجياً عادي التجهيز، ولكنها تتطلب عاملين ذوي تدريب وكفاءة جيدة. والذين ربما يتعرضون إلى خطر صحي حيث إن بعض السلالات من هذه البكتيريا ممرضة.

### (٢,٢,٣) نسب العد

نسب العد لبكتيريا *Streptococci* البرازية المقاومة للحرارة تم إعدادها كمعاني للاختلافات بين مصادر التلوث من الإنسان وبين الحيوان. نسب القولونيات المقاومة للحرارة إلى *Streptococci* البرازية أكثر من أربعة أضعاف ما تم اقتراحه للإشارة إلى أن مصدر الإنسان تتراوح نسبه لأقل من ٠,٧ لمؤشر المصدر الحيواني. هذه النسب عالية التغير. ربما تكون متغيرة بالإشارة إلى عدد المصادر، والتي غالباً متخصصة الموقع، وتختلف مع أثر مطهّر الماء الملوث وعمر التلوث (استناداً إلى اختلافات نسب البقاء للأنواع المختلفة من *Enterococcus*). كل تلك العوامل ذات أثر واضح في النسب. هذه النسب بناء على ذلك ليست ذات توصية طويلة كمعاني لاختلافات مصادر التلوث.

نفس التطبيقات تم اعتمادها لمعظم النسب المستخرجة من الدليل، والمؤشر والكائنات الحية الدقيقة الممرضة.

### (٢,٢,٤) العد الكلي المباشر واختبارات الفاعلية

كمية العد الكلي، والحيوية أو فاعلية الكائنات الحية الدقيقة يمكن أن تكون ذات فائدة في تقييم المحتوى الكلي العام للميكروبات في الماء، النظافة العامة وسلامة أنظمة التوزيع. على أي حال، هذه الطرق عموماً ذات معنى صحي مباشر قليل، معظم الفحوص المباشرة تهدف إلى عموم الميكروبات أكثر من الكائنات الحية الدقيقة البرازية.

العد المباشر للبكتيريا يمكن أن يقدم معلومات أساسية عن عدد البكتيريا في الماء خلال التجهيز والمعاملة. باستخدام الصبغات الحيوية، فإن إتاحة الكائنات الحية المفردة يمكن تقييمها. أكثر تعقيداً فإن التقنيات يمكن أن تستخدم لتقديم معلومات عن المحتوى للنوع المصلي والنوع الجيني. تتواجد أعداد كبيرة جداً من البكتيريا الهوائية واللاهوائية في الماء وفقط تحضير قليل منها يمكن أن ينمو على البيئات الصناعية ومثل ذلك التقييم المباشر يمكن اعتباره أكثر تمثيلاً.

تؤدي الفحوص المجهرية بواسطة الترشيح على الأغشية المرشحة والبكتيريا تصبغ بواسطة صبغات حيوية أو غير حيوية. تتطلب الفحوص مجهراً جيداً جداً، ولكن ليس من الصعوبة إنجازها كما يمكن أن تعمل نسبياً تحت مبلغ منخفض. على أي حال، فإن محدودية الصحة المعنوية للنتائج تعني أن تلك الفحوص عموماً تجرى فقط كجزء من الأبحاث الدراسية.

أجهزة المسح الأوتوماتيكية والقياسات الخلوية الجارية يمكن استخدامها لتحديد العدد الكلي والحيوي أكثر سرعة من تلك التي بواسطة المجهر العادي (انظر الفصل الثامن). تلك الطرق على أي حال، الآن أكثر كلفة وتعقيداً من طرق المجاهر.

التقييم للأيض الميكروبي يمكن أيضاً أن يطبق لتقييم المستوى الميكروبي العام. وهذه يمكن استخدامها بواسطة قياسات كيميائية حساسة مثل تحديد الأدينوسين تراي فوسفات (ATP فوسفات على حامل الطاقة والمتواجد في جميع الكائنات الحية الدقيقة) ويستخدم لتقييم مستويات الميكرويات في الطعام والصيدلانيات، وأصبح سريع وبجهد بسيط لاستخدامه في فحص الماء. على أي حال، كما في حالة تقييم مستوى الميكرويات العام والتلوث غير البرازي فإنه محدود معنوي للصحة، ومثل ذلك فإنه لا يستخدم في الفحص الروتيني.

### (٢,٢,٥) العدد البكتيري للبكتيريا متباينة التغذية ومكونة الجراثيم الهوائية

مستعمرات العد للبكتيريا متباينة التغذية الهوائية (والتي تنسب غالباً إلى أطباق العد متباينة التغذية HPC) والهوائية مكونة للجراثيم (أساساً .*Bacillus* spp) بكتيريا يمكن استخدامها لتقييم المحتوى الكلي للبكتيريا في الماء.

كما أنها لا تمثل كل البكتيريا المتواجدة في الماء، فقط تلك القادرة على النمو وإنتاج مستعمرات مرئية على البيئة المستخدمة وتحت الظروف السابق شرحها من الحرارة وزمن التحضين.

عدد المستعمرات عموماً يحدد بعد التحضين مباشرة عند ٢٢°م و٣٧°م لتقييم البكتيريا التي ربما لا تكون ذات علاقة بالتلوث البرازي. كما أنها ذات أهمية معنوية

صحية قليلة، ولكنها ربما تكون ذات فائدة في تقييم الفاعلية طويل المدى لمعالجة المياه، خصوصاً عمليات التخثر والترشيح والتطهير، حيث الهدف هو حفظ العدد قليل قدر الإمكان.

بينما العدد الفعلي ذو قيمة محدودة، لذلك فإن التغيرات من العدد العادي الموجود عند مواقع محددة ربما يكون ذي تحذير معنوي لتطورات. كما أنه أيضاً ربما يستخدم لتقييم نظافة وسلامة نظام التوزيع وصلاحية الماء للاستخدام الصناعي للأغذية ومنتجات الشرب، بينما العدد العالي يؤدي إلى الفساد.

طرق الاستنبات تستخدم لعد البكتيريا متباينة التغذية الهوائية يمكن تحويرها لحساب فقط الجراثيم عن تعريض العينات إلى درجة حرارة ٧٠-٨٠°م لمدة عشر دقائق قبل الزرع. عد البكتيريا الهوائية المكونة للجراثيم قبل المعالجة وبعدها ذات فائدة في تقدير فعالية المعالجة، ما إذا كانت إزالة أو تطهير تم وضعها كخلف لإزالة بويضات الطفيليات الأولية ولكن حجمها في هذه الناحية كما لو أنها لم تختبر.

عدد البكتيريا متباينة التغذية يمكن تطبيقه بواسطة طرق الاستنبات البسيطة وغير المكلفة والتي تتطلب روتيناً بكتيريولوجياً لتجهيزات معملية ويمكن أن تنجز نسبياً بواسطة شخص غير ماهر.

كما أنها ليست دليل للتلوث البرازي ولكن تقدم معلومات أساسية عن الاستنبات البكتيري وحيويتها. ولا تعتبر عموماً ذات خطر صحي على العاملين في المختبر، على الرغم من كونها من الميكروبات الانتهازية.

**(٢,٢,٦) لاقمات البكتيريا**

لاقمات البكتيريا (تعرف أيضاً بالفاجات) وهي عبارة عن فيروسات تصيب البكتيريا فقط. بعضها متساوٍ في الحجم وذات تصرف جيد للفيروسات المعوية للإنسان، كما أنها نسبياً يمكن ملاحظتها وعدها (انظر الفصل الثامن) المجاميع المختلفة والأنواع من لاقمات البكتيريا، خصوصاً تلك من بكتيريا القولون (الفاجات القولونية) وتلك من .*Bacteroides* spp تم إعدادها كأدلة للتلوث البرازي (وأيضاً تواجد الفيروسات المعوية) ومؤشرات لفعالية المعالجة للماء وعمليات معالجة المياه الملوثة.

استعرض (Leclerc, 2000) نشرة عن استخدام لاقمات البكتيريا ولخص إلى أنها ذات معنى محدود كدليل للتلوث البرازي والفيروسات المعوية. على أي حال، نشرة أخرى ذات دليل ومؤشر على أن لاقمات البكتيريا ذات جهد حجمي كأدلة للتلوث البرازي ومؤشرات لفعالية المعالجة (Sobsey *et al.*, 1995. Grabaw, 2001).

**الفاجات المعوية:** تقسم هنا إلى مجموعتين، كلاهم يحدث في الصرف الصحي والمياه الملوثة بالبراز، وعموماً تفوق في العدد الفيروسات في الإنسان. على أي حال، فإن تكرارات الحدوث في براز الإنسان والحيوان مختلف، وبعض الأحيان يلاحظ في البراز عند تكرار قليلة فقط. في هذه العلاقة، فإن الفاجات المعوية تختلف عن المؤشرات البكتيرية للتلوث البرازي.

**الفاجات المعوية الجسدية:** وهذه تصيب خلايا السلالات خلال الجدار الخلوي (جسدية)، مستقبلات وتلاحظ دائماً في براز الإنسان والحيوان، العائل المستخدم

البكتيريا *E. coli*. لاقمات البكتيريا (الفاجات المعوية) تلاحظ بواسطة عوائل من *E. coli* وهي عوائل متخصصة، كما أن معظم العزلات لا تصيب الأنواع البكتيرية الأخرى، متضمنة الأنواع والتي ربما تتواجد طبيعياً في البيئة المائية. من المحتمل، ولكن من غير المحتمل أن الفاجات المعوية الجسدية يكون حدوثها غير ذي علاقة بالتلوث البرازي.

على أي حال، فإن عدم فائدتها كدليل للتلوث البرازي والفيروسات المعوية محدود بواسطة المعلومات غير الملائمة لتاريخها الطبيعي.

كما أنها ربما عندما تتواجد في الماء الخام، فإنها تكون دليلاً ملائماً للتلوث البرازي ومؤشر للإخماد الفيروسي والإزالة أثناء المعالجة.

**لاقمات البكتيريا الخاصة ذات FRNA (ذكر خاص لفيروسات قولونية):** هذه الإصابة بكتيرية من خلال F أو الشعيرة الجنسية. على الرغم من كونها تتواجد فقط في براز تجهيزات صغيرة من الناس، فإنها توجد عادة بأعداد كبيرة في الصرف الصحي. استخدمت أساساً كدليل للتلوث بالصرف الصحي، وبسبب مقاومتها العالية نسبياً ومشابهتها للفيروسات، وكمؤشر إضافي لفعالية المعالجة أو للحفاظ على الماء الجوفي.

يوجد نوعان من الفيروسات القولونية الخاصة F، تلك التي تحتوي على RNA والتي تحتوي على DNA وكلاهما يوجد في مخلفات الإنسان، والحيوان البرازية. الفيروسات القولونية الخاصة F التي تحتوي على RNA متشابهة في الحجم والشكل وتكوينها الأساسي بالنسبة للعديد من الفيروسات المعوية للإنسان ( شريط مفرد من RNA محاط بواسطة غطاء بروتيني) مثل astroviruses و calicivivirus وفيروسات التهاب الكبد الوبائي A و E . يوجد أربعة تحت مجاميع رئيسة من الفيروسات القولونية

الخاصة F للحمض النووي RNA . بسبب أن هناك بعض الأدلة على أن حدوث تلك المجاميع تختلف بين الإنسان والحيوانات الأخرى ، فإنه ربما من الممكن التفريق بين تلوث الإنسان والحيوان عن طريق مجاميع تلك الفيروسات المعزولة من البراز الملوث للماء (Hsu *et al.*, 1995).

**فاجات *Bacteriodes*:** *Bacteroides* spp. من ما يفوقه عدداً من مجموعة القولون لبراز الإنسان (Gleeson and Gray, 1997)، مع *Bacteriodes fragilis* والتي تعد من معظم المتواجد المألوف للأنواع. وهي إجبارية لا هوائية ولا يظهر أنها تتضاعف في البيئة. فاجات *Bacteriodes* تم إعدادها كدليل للتلوث البرازي حيث إنه تم اعتبارها أكثر مقاومة للإخماد الطبيعي وعمليات معالجة المياه أكثر من المؤشرات البكتيرية كما أنها تمتلك معدل انحلال مشابه لذلك في الفيروسات المعوية للإنسان. مستندات الرسم ، على أي حال ، فإن أحجامها في الماء الخام ربما تكون أقل (تتطلب تركيز من أحجام كبيرة) وطرق الملاحظة في الماء حالياً ليست موثوقة تماماً.

تفحص الفاجات المعوية بواسطة طرق سريعة وسهلة وغير مكلفة والتي يمكن تطبيقها في الفحص المختبري الروتيني. بينما *Bacteriodes* الفاجية ، على أي حال ، تتطلب تجهيزات لاستنبات لا هوائي وتتطلب درجة عالية من المؤهلين ومصادر معملية. بعض طرق القياسات العالمية استخدمتها مثل (ISO 10705-1; 10705-2). وعموماً فهي غير معتبرة وذات خطر صحي للعاملين في المختبر، على الرغم من أن بعض سلالات العائل البكتيري ربما تكون فاجات انتهازية.

### (٢,٢,٧) بكتيريا *Clostridia* المختزلة للكبريت والنوع *Clostridium perfringens*

بكتيريا clostridia المختزلة لكبريت بكتيريا اختيارية لا هوائية، مكونة للجراثيم، والتي تمثلها في معظم الصفات، البكتيريا *Clostridium perfringens* والتي تتواجد عادة في البراز (على الرغم في كونها أعداد صغيرة من *E. coli*). ما عدا البكتيريا *Clostridium perfringens* فإنها على وجه الحصر برازية المنشأ ويمكن أن تشتق من المصادر البيئية الأخرى.

الجراثيم يمكن أن تظل في الماء لفترات طويلة جداً، كما أنها تماماً مقاومة للتطهير. كون *C. perfringens* خصوصية البراز، لا تشبه مختزلة الكبريت من *clostridia* الأخرى، فإنها المفضلة في القياس البارامتري. البكتيريا *clostridia* ليست على أي حال، مفضلة في الفحص الروتيني لأنظمة التوزيع؛ بسبب طول بقائها وأنها ربما تفحص بعد فترة طويلة أكثر وبعيداً عن حدوث التلوث، والذي يقود إلى إمكانية إنذارات كاذبة.

وجود البكتيريا *C. perfringens* في المياه الجوفية في غياب *E. coli* و enterococci مؤشرات للتلوث عند بعض الوقت في الماضي والاقتراحات أن المصدر ربما يكون عرضة لتلوث متقطع الوجود النسبي إلى التطهير، فإن جراثيم *C. perfringens* لا بد وأن تزال بواسطة بعض الترشيح كتطهير حراري، فإنه بعيد الاحتمال لها أن يكون غير نشط.

وجودها في الماء المنجز، على أي حال، اقتراحات لنقص في عمليات المعالجة بالترشيح. تم افتراض أن اكتشاف جراثيم *C. perfringens* في المياه المعالجة ربما يشير إلى الفعالية للأبواغ الأولية والتي تمر خلال عمليات المعالجة.

طرق القياس العالمية المتاحة (ISO 6461-6461[2]) وطرق الكشف عن بكتيريا clostridia سهلة نسبياً للغرض، حتى تلك خطوة البسترة البسيطة المطلوبة لتعداد الجراثيم والظروف اللاهوائية عن الإجبارية والمطلوبة للبكتيريا *C. perfringens* .

الكشف عن البكتيريا clostridia يتطلب روتيناً أساسياً لمعمل بكتريولوجي. وهي غالباً ليست ذات خطورة صحية للعاملين في المختبر ولكنها ممرضة، كما أن التعامل معها بعدم الاهتمام يؤدي إلى نشوء تسمم غذائي وتلوث للجروح.

### (٢,٢,٨) البكتيريا ***Pseudomonas aeruginosa*** و ***Aeromonas* sp.**

البكتيريا .pseudomonas spp و *Aeromonas* عبارة عن بكتيريا سالبة لصبغة جرام، كروية الشكل موجبة لاختيار Oxidase وغير مكونة للجراثيم ذات انتشار بيئي واسع، كما أن بعضها ممرضات انتهازية.

تتواجد البكتيريا *P. aeruginosa* عادة في البراز، والتربة، والماء، والصرف الصحي، ولكن لا يمكن استخدمها كمؤشر للتلوث البرازي، بما أنها ليست ثابتة بالنسبة لتواجدها في البراز والصرف الصحي، وربما أيضاً في البيئة المائية الغنية وعلى سطح المواد العضوية الملامسة للماء، على أي حال، فإن وجودها ربما يعتبر واحداً من العوامل المأخوذة في الحسبان في التقدير في صفاء خطوط المياه لأنظمة التوزيع. وجودها ربما يقود إلى الفساد في النوعية البكتيريولوجية، والذي يترافق غالباً مع زيادة في حرارة الماء أو انخفاض معدلات نظام التوزيع؛ نتيجة التذمر من الطعم، والرائحة، والعكارة.

تظهر البكتيريا *Aeromonas* ترافق غير خاص مع التلوث البرازي. معظم عمليات معالجة مياه الشرب تخفض عدد *Aeromonas* إلى مستويات منخفضة

ملحوظة، ولكن الماء المعالج الموزع يمكن أن يحتوي على أعداد كبيرة كنتيجة لنموها في الخزانات الرئيسة والأساسية. يعتمد إعادة نمو *Aeromonas* على المحتوى العضوي للماء، والحرارة والفترة الزمنية لشبكة التوزيع وتواجد مخلفات الكلورين (WHO, 2001) ليست *Pseudomonas* أو *Aeromonas* مؤشرات للتلوث البرازي، ولكن ربما يكونا ذا فائدة في الكشف عن إعادة النمو في أنظمة التوزيع. كلاهما يمكن ملاحظتهما بواسطة طرق زراعة بسيطة وغير مكلفة والتي يمكن تطبيقها في مختبر بكتيريولوجي روتيني.

كما أنهما على أي حال، تمتلكان خطورة صحية للعاملين في المختبرات حيث أن بعض السلالات من هذه البكتيريا ممرضة، البكتيريا *P. Aeraginosa* انتهازية ممرضة والتي تعطي أساساً إصابة سطحية بعد الاحتكاك بالمياه الملوثة بشدة (ولكن لا تحدث إصابة داخلية عن طريق الالتهام). سلالات من *Aeromonas* ضمنت في التلوث الداخلي ولكن ليس هناك دليل قوي أن تلك السلالات في أنظمة توزيع المياه من هذه الأنواع تقود إلى تلوث داخلي (WHO, 2001). سلالات *Aeromonas* ربما أيضاً تحدث تلوثاً للجروح.

**(٢,٢,٩) اختبار الوجود – الغياب**

التعرف على أن نوعية المياه الجيدة لمعظم العينات لا بد ألاّ تحتوي على أي مؤشرات ميكروبية، والكشف عن أي من تلك الكائنات يتطلب فاعلية، طوّر (Clark, 1968) اختبارات بسيطة للوجود والغياب. على الرغم من عدم الحديث بشدة بارامترياً، فإن تقنية الوجود والغياب (P-A) يمكن اعتبارها اقتصادياً خيارياً لتحليل بكتيريا القولون.

الحاجة لتحديد العدد الفعلي للقولون من خلال جميع العينات ثم كان موضع تساؤل، خصوصاً في ضوء حقيقة أن الدراسات أظهرت أن هذه الكائنات الحية تتجه إلى التوزيع غير النظامي (Pipes and Christian, 1984).

اختبار P-A، والذي أساساً يستند على طريقة العدد المحتمل منخفضاً إلى الأنبوبة المفردة، يعطي ببساطة مؤشراً على وجود أو عدم وجود بكتيريا القولون (Clark, 1980).

يستبعد الاختبار الأنواع الخاطئة المتلازمة مع تقنيات اللائحة شديدة التعقيد وسجلات الحفظ. اختبار P-A ذو فعالية لجهاز الفحص عندما يثبت أن الأعداد الصفرية للقولون المطلوبة ذات عدد كبير في العينات. على أي حال، فإنه من غير الملائم للاختبار عندما يكون التلوث مألوفاً وعليه فإنه من غير الموصى به للاستخدام لتحليل سطح الماء والكميات الصغيرة غير المعالجة من الإمدادات الحضرية أو الكميات الكبيرة من إمدادات المياه والتي ربما بواسطة الخبرة تتساعد مع صعوبات التشغيل والصيانة.

عدد ضئيل فقط من خبرة التحليل مطلوبة للشخص لإنجاز اختبار P-A؛ بسبب بساطة الطرق المتاحة. الاختبارات طوّرت لإتاحة الفحص في نفس الوقت للعدد الكلي لبكتيريا القولون و *E. coli*. يقدم اختبار P-A كعملية قياسية في قياسات APHA, AWWA, WEF (1998) ومع طرق ملاءمة وبرهنة كاختبار مفرد يمكن أن تكشف القولون الكلي، للبكتيريا *Aeromonas* و*Clostrdium* و*E. coli* والبرازية *Streptococci* و*Pseudomonas* و*Staphylococcus*.

### (٢,٢,١٠) اختبار كبريتيد الهيدروجين

طوّر Maja *et al.* (1982) اختبار كشف بسيط جداً للتلوث البرازي لمصادر المياه يعتمد على الكشف عن إنتاج $H_2S$ بواسطة البكتيريا. ويتم إنتاج كبريتيد الهيدروجين ($H_2S$) عن طريق بعض البكتيريا المتلازمة مع التلوث البرازي، مثل أعضاء من *Enterobacteriaceae* (مثل *Citriobacters*) وبعض البكتيريا الأخرى (مثل *Clostridia* المختزلة للكبريت ومنها *Clostridium perfringens*). على أي حال، فإن مختلف البكتيريا الأخرى لا تتلازم مع التلوث البرازي ولكنها قادرة أيضاً على إنتاج $H_2S$ تحت ظروف خاصة. تنتج بعض البكتيريا ($H_2S$) عن طريق اختزال الكبريت وبعضها يؤكسد مكونات الكبريت، بينما بعض البكتيريا الأخرى تنتج ($H_2S$) بواسطة هضم الكبريت العضوي في الأحماض الأمينية وبعض المكونات الحيوية العضوية.

إن فوائد ومحدودية اختبار ($H_2S$) للتلوث البرازي للماء في الحالات الراهنة تم مراجعتها مؤخراً (Sabsey and Pfaender, 2002) باستخدام بيئة الزراعة مع ثيو سلفايت كمصدر للكبريت وأيونات الأمونيوم الحديدية كمؤشر، فإن بكتيريا محددة سوف تنتج ($H_2S$). وجود العناصر المعدنية الثقيلة، مثل أملاح الحديد، في البيئة تثبط بعض البكتيريا، على الرغم من أن البكتيريا *Salmnella* و *Citrobacter* و *Proteus* قادرة على إنتاج ($H_2S$) في هذه البيئة.

يستخدم اختبار ($H_2S$) في شريط الورق المجرّر والمحضّن مع عينة الماء. إذا كانت البكتيريا قادرة على إنتاج ($H_2S$)تحت ظروف الاختبار تواجدت في العينة، فإن إنتاج ($H_2S$) يحوّل الورقة إلى سوداء. الاختبار يمكن أيضاً أن يشير إلى شدة التلوث إذا تم استخدامه في طريقة الجزء النوعي بواسطة اختبار التخفيفات للعينة.

منذ التطوّر الأساسي، فإن العديد من التحويرات لاختبار ($H_2S$) الأساسي تم تسجيله في المراجع والآن هنالك العديد من اختبارات ($H_2S$) متاحة بسبب النقص في القياسات لهذه الاختبارات المختلفة، فإنه لإرضاء طريقة اختبار ($H_2S$) يمكن التوجيه بها للاستخدام.

أكثر قليلاً، فإنه لم يتم تأسيس أن اختبارات ($H_2S$) تكشف دائماً البكتيريا، المنتجة لكبريتيد الهيدروجين على وجه الحصر تتلازم مع التلوث البرازي.

وعلى أي حال، فإنه من المحتمل أن هذا الاختبار يمكنه الكشف عن بكتيريا أخرى غير برازية منتجه لكبريتيد الهيدروجين من المصادر الطبيعية، تقود إلى نتيجة موجبة كاذبة، في مصطلحات التلوث البرازي. بغض النظر عن المحدودية، فإن اختبار ($H_2S$) المحوّر يعتبر أداةً فَعَّالةً ذات فائدة للكشف عن المصادر المائية ومياه الشرب للتلوث البرازي، خصوصاً عند التجمعات الصغيرة بدون وسيلة اختبارات المياه في المعامل، أو كبساطة، بدائي، نظام التنبيه.

العلاقات بين طريقة ($H_2S$) ومؤشرات التلوث البرازي الميكروبي القياسي تم تسجيلها حتى إذا تم عمل الاختبار عند درجة حرارة الغرفة (بدون تحضين). على أي حال، فإن اختبارات ($H_2S$) لا يوصى بها كبدائل للمزيد من القياسات البارامترية الميكروبيولوجية الخاصة للتلوث البرازي، مثل *E. coli*.

### (٢,٢,١١) الكائنات الحية الدقيقة الأخرى

الكائنات الحية الدقيقة الأخرى (مثل bifidobacteria وcadida/yeasts والبكتيريا المقاومة للأحماض... إلخ) تم اعتبارها في الماضي كقياسات بارامترية فعالة لنوعية مياه

الشرب. ولا واحد من تلك تم قبولها بتوسع كما أنه لا يوصى بها لقياسات بارامترية لتقدير مياه الشرب الروتيني.

**(٢,٢,١٢) الممرضات**

مختلف الممرضات من الكائنات الحية الدقيقة تم اقتراحها كمؤشرات للتلوث البرازي أو مؤشرات لفعالية المعالجة. على أي حال، هذه العملية لا تقدم درجة حماية للصحة العامة الممنوحة بواسطة المؤشر غير المرضي التقليدي أو مؤشرات لكائنات حية كما في حالة الاعتماد عند الكشف عن خطرٍ حقيقيٍ للإصابة. أكثر من فعالية الواحد. كما أنه من غير الممكن التحذير من كل الممرضات المعروفة، بالإضافة إلى العوامل المرضة والتي غير ملاحظة الآن. ومع ذلك، فإن التحذير من المرضات يمكن أن يقدم معلومات إضافية ذات علاقة، بالإضافة إلى المقدم عن طريق القياسات البارامترية الميكروبية الإضافية، خصوصاً في البحث الملازم (مثال: في مشروعية معنوية المؤشرات لفعالية المعالجة). المعلومة المتصلة بوجود الممرضات في مياه الشرب أيضاً ذات أهمية عند الفحص لاحتمالية تفشي أمراض الميكروبات الناشئة في المياه (الفصل السابع). بالرغم أنه إذا كان الكشف فقط مخصصاً عندما يتم ملاحظة التفشي، فإن أهميته ربما أيضاً تقلل كثيراً بالإشارة إلى لوغاريتم الزمن بين التعرض وتطوّر المرض. حدوث التلوث القصير أو المعالجة الخاطئة ربما يمكن حلها بواسطة زمن حدوث المرض وتفشيه (Allen *et al.*, 2000).

حالياً، الكشف عن المرض لا بد أساساً أن يكون ذو اعتبار لأسباب خاصة مثل الدراسات البحثية، وتقدير التجمعات المائية لنقطة الهدف في مصادر التلوث البرازي،

تقصيات التفشي، البحث إلى فعالية المعالجة، وغير ذلك. يعتمد الكشف الروتيني للمرض على العينات الملوثة والتي لا تقدم معلومات دقيقة لحدوثها في المصدر المائي أو الماء المعالج. وجود الأعداد الضئيلة من الممرضات الخاصة في الماء المعالج، وبخاصة ناتج عن حدوث أساس بدون أي دليل من مشكلة الصحة العامة. كشف الممرض في الماء المعالج ضروري. على أيٍّ حال، دائماً ناتج من الفحص المستقبلي والتقدير وتقييم الاعتبار للحاجة عن الاستجابة الفورية. الملاحظة والأعداد للممرضات بواسطة طرق الزراعة لابد وأن تتم فقط بواسطة أعضاء ذوي كفاءة، وفي معامل متخصصة وأجهزة وخطوات ذات ضمان حيوي ملائم. في حين أن معظم الممرضات تتواجد بأعداد قليلة في البيئة، فإن نتائج الزراعة في التعرض الفعلي تتواجد بأعداد كبيرة جداً. الطرق الجزيئية، الكيميائية أو المناعية ربما تظهر خطورة أقل، ولكن تركيز الأحجام الكبيرة للماء لا يزال يعرّض العاملين بالمختبرات لمستوى من الخطورة تتطلب تقديراً ومراقبة.

**الفيروسات المعوية:** بغض النظر عن الصرف الصحي ومكونات مفرزات الإنسان فإن المصدر الرئيس للفيروسات المعوية للإنسان في البيئة المائية والفيروسات المعوية عادة تتلازم مع التلوث البرازي للإنسان أو الحيوان. على أي حال، فإن الفشل في ملاحظتها لا يشير إلى غيابها في التلوث البرازي؛ بسبب وجودها في البراز ذو التغيّر العالي. كما أنها تستطيع المقاومة لفترات طويلة في البيئة كما أنها إلى حد ما مقاومة للمعاملة.

قوائمها يمكن أن تكون مكلفة والنتائج يمكن أن تأخذ أسابيع عديدة لإحراز ها. هل الطرق الجزيئية ليست مستخدمة؟ (انظر الفصل الثامن). أكثر قليلاً، فإن العديد لا يمكن تنميتها تحت الظروف المعملية. كما أن ملاحظتها يتطلب تجهيزاً معملياً خاصاً

وشخصاً ذا تدريب عالٍ. بالإضافة، فإن معظم الفيروسات المعوية ممرضة (للإنسان أو الحيوان)، وأن يكن عند مستويات مختلفة من الضراوة، والمزرعة الفيروسية لا بد وأن تجرى بواسطة شخص مناسب ذي كفاءة في مختبرات متخصصة مع تجهيزات ومتطلبات ملائمة من السلامة الحيوية.

**الأوليات الطفيلية :** بويضات *Cryptosporidium* والحويصلات *Giardia* تتلازم مع المصادر البرازية للإنسان والحيوان والمتضمنة الطيور والثدييات، على الرغم من أن الأنواع قادرة على إصابة الإنسان ومقتصرة على العوائل حارة الدم. على أي حال، فإن الإخفاق في عدم الكشف عن البويضات أو الحويصلات لا يؤخذ مؤشراً لغياب التلوث البرازي، وكما عددها في البراز ذي اختلاف كبير. تستطيع الاحتمال لفترات طويلة جداً في البيئة ومقاومه بشدة للمعاملة. بعض الأحيان توجد في الماء المعالج، عادة بأعداد قليلة، وعندما توجد في الإمدادات المرشحة فإنه يقترح نقص التخثر. كما أن حيويتها ذات صعوبة للتحليل ولكن غالباً إذا كانت غير الحيوية الموجودة ذات مؤشر لنقص المعاملة الفيزيائية والجهد للحيوية يتواجد بعض الأحيان. يمتلك استمرار العينات بعض القيمة في الكشف لمدى قصير في التشويش في المعاملة. وكما في حالة الفيروسات المعوية، فإن العديد من الأنواع ممرضة وعزلها وعدّها مكلف ويتطلب تجهيز معملي دقيقاً خاصاً مع خطوات وتجهيزات ملائمة من السلامة الحيوية وشخصاً ذا تدريب عالي الكفاءة (انظر أيضاً الفصول ٢ ، ٣ ، ٧).

**الجدول رقم (٢,١). البارامیتر الميكروبي والصفات التحليلية.**

| بارامیتر | متصاحبة مع مادة برازية (مرضات) | خطورة للتحليل (مرضة) | سرعة القياس | التكلفة | الصعوبة التقنية | البحث في البيئة | المقاومة للمعالجة |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| القولون الكلي | | L | M | M | M | M | L |
| القولون المقاوم للحرارة | M | M | M | M | M | M | L |
| *Esscherichia coli* | L | M | M | M | M | M | L |
| Faecal streptococci (enterococci) | M | M | M | M | M | M | ISD |
| النسبة بين العدد (أي بارامیتر) | | | | | | | |
| البكتيريا الكلي (مجهرياً) | | | H | M | M | H | H |
| البكتيريا الحية (مجهرياً) | | | M | M | M | H | M |
| البكتيريا الكلي (أتوماتيكياً) | | | H | H | M | H | H |
| البكتيريا الحية (أتوماتيكياً) | | | H | H | M | H | M |
| البكتيريا متباينة التغذية | | L | M | M | M | H | H |
| بكتيريا لاهوائية المكونة للجراثيم | | L | M | M | M | H | H |
| فاجات جسدية معوية | ISD | M | H | M | M | H | M |
| F فاجات RNA الخاصة | ISD | M | H | M | M | H | H |
| فاجات بكتيريدية | ISD | M | H | M | M | ISD | H |
| Sulphite-reducing clostridia | | L | M | M | M | VH | VH |
| *Clostridium perfringens* | H | L | M | M | M | VH | VH |
| *Pseudomonas, Aeromonas* | | M | M | M | M | VH | L |
| فيروسات معوية | | H | L | H | H | H | H |
| حويصلات | | H | L | H | H | H | H |
| بويضات | | H | L | H | H | VH | VH |

مفتاح: بيان ناقص غير ملائم: ISD، مرتفع جداً : VH ، مرتفع: H ، متوسط: M، منخفض: L.

**الجدول رقم (٢,٢). البارامتر الميكروبي للقابلية والملائمة.**

| بارامتر | ملحق مسح صحي | صفة مصدر الماء | صفة الماء الجوفي | إزالة فعالية المعاملة | تطهير فعالية المعاملة | ماء معامل | دخول نظام التوزيع | إعادة النمو لنظام التوزيع | بحث تفشي |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| القولون الكلي | NR | NR | NR | NR | SA | S | SA* | S | S |
| القولونيات المقاومة للحرارة | SA | SA | SA | NR | SA | SA | SA* | S | S |
| *Escherichia coli* | S | S | S | S | S | SA | S* | ■ | S |
| Eaecal streptococci (entrococci) | SA | SA | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | S |
| النسبة بين العدد (على بارامتر) | NR | NR | NR | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| البكتيريا الكلي (مجهرياً) | ■ | ■ | ■ | SA | SA | ■ | SA | S | S |
| البكتيريا الحية (مجهرياً) | ■ | ■ | ■ | SA | SA | ■ | SA | S | S |
| بكتيريا متباينة التغذية | ■ | ■ | ■ | S | S | NR | S | S | S |
| بكتيريا هوائية مكونة للجراثيم | ■ | ■ | ■ | S | S | NR | ■ | ■ | S |
| فاجات جسدية | SA | SA | SA | ■ | SA | ■ | ■ | ■ | S |
| F فاجات RNA خاصة | SA | SA | SA | ■ | SA | ■ | ■ | ■ | S |
| Bacteroides phages | SA | SA | SA | ■ | SA | ■ | ■ | ■ | S |
| فاجات بكتيريدية | NR | NR | NR | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | S |
| *Clostridium perfringens* | SA | SA | SA | SA | ■ | ■ | ■ | ■ | S |
| *Pseudomonas, Aermonas* | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | S | ■ |
| فيروسات معوية | S | S | S | NR | NR | ■ | ■ | ■ | S |
| حويصلات *Giardia* وبويضات *Cryptosporidium* | S | S | SA | S | NR | ■ | ■ | ■ | S |

المفتاح: ملائم: S ، * في أنظمة التوزيع بدون باقي من المطهّر، ملائم خياري: SA، لا يوحى به: NR، معلومات غير كافية: ISD، غير قابل: ■

## (٢,٣) البارامينر غير الميكروبي

بالإضافة إلى القياسات الميكروبية هناك أيضاً مختلف التحاليل الفيزوكيميائية لنوعية الماء التي يمكن أن تقدم معلومات مفيدة عن الجودة (النوعية)، والتغيرات في النوعية للماء الخام وفاعلية تطبيق خطوات المعاملة. العديد من البارمتيرات يمكن تحليلها بذلك بسرعة عند تكلفة منخفضة من البارميترات الميكروبية والعدد يمكن قياسه عند خط ويمكن أن يقدم أوتوماتيكياً معلومات حقيقة للوقت الذي يمكن أن يرتبط لأجراس أو جهاز عملية المراقبة. البارمتيرات غير الميكروبية الموضوعة أسفل والملخصة، في نهاية الفصل في الجدولين رقمي (٢,٣) و (٢,٤).

لمعظم التحاليل غير الميكروبية، فإن الفائدة لاستخدامها جاءت من السرعة والبساطة في القياسات أكثر من الخصوصية في التحليل نفسه. جاء الحجم للاختبارات من تطبيقها كأهداف؛ لإعطاء إنذارٍ مبكرٍ خلال الفحص للمتغيرات أو الأحداث غير العادية، والتي بعد ذلك يمكن متابعتها بدقة أكثر.

### (٢,٣,١) أحداث سقوط المطر

أحداث سقوط المطر واحدة من أهم العوامل المحدثة لتحليل مصدر نوعية الماء حيث تؤثر في السطح المائي والماء الجوفي (انظر الفصل الرابع). يجلب سقوط المطر للممرضات إلى وخلال الأجسام المائية ويمكن أن يحرك التربة، وإعادة العوالق، محدث غمر للملاحق والفقير المحفوظ ذو الخياطة، وتحلل الماء الجوفي خلال الترشيح وما إلى ذلك.

التنبؤ وأنظمة سقوط فحص المطر مثل الرادار، وجهاز الفحص المائي والتحكم الحساس يمكن الآن استخدامها؛ لتقديم ترخيص مع تحذير متقدم لأحداث سقوط

الأمطار المبكر والتي ربما تؤثر في نوعية المياه والمعاملة. جريان الجداول والارتفاعات يمكن قياسها على خط أو يدوي للتحذير من الأحداث المائية الرئيسة. على الرغم من أن عدم قياس الحمولة البرازية، فإن أحداث سقوط الأمطار عادة ذات تنبؤ فسادي في نوعية المصدر المائي وتتيح لقياسات وقائية ملائمة؛ لأخذها للإجراء الوقائي لنوعية الماء المعامل (المعالج).

**(٢,٣,٢) الجريان**

قياس الجريان للأسطح المائية، بالإضافة إلى الجريان خلال معالجة مياه الشرب يقدم معلومات مهمة تتعلق بالإتاحة وإنتاج نوعية الماء. الجريان البطيء في الأسطح المائية ربما يقود إلى تحلل حيوي لتركيزات عالية من الملوثات نسبة إلى خفض تخفيف المطروحات خلال المعاملة، فإن التغيرات في الجريان يمكن أن يؤثر بشكل معاكس للتخثير وعمليات الترسيب، بينما معدل الترشيح وزمن الاحتكاك مع المطهّر يعتبر مفتاحاً للعوامل في إنتاج ماء شرب آمن. الجريان يمكن قياسه بسهولة باستخدام قياسات مستمرة في الخط. التغيرات في معدلات الجريان مع أنظمة التوزيع يمكن أن تنتج عنها تعليق للرواسب وفساد للإمدادات.

**(٢,٣,٣) اللون**

اللون في ماء الشرب ربما يكون ناتجاً عن وجود مادة عضوية ملونة مثل المكونات الدبالية، والمعادن كالحديد أو المنجنيز، أو مخلفات صناعية شديدة اللون. ظهور اللون في الماء يحدث بواسطة امتصاص الأطوال الموجية الخاصة للضوء بواسطة المواد الملونة (لون حقيقي) أو بواسطة تشتيت اللون بواسطة الجزيئات المعلقة، معاً فإن هذه يطلق

عليها اللون "المرئي". المعاملة تزيل معظم المادة المعلقة، والقول عموماً، أن ماء الشرب لا بد أن يكون عديم اللون. المصادر المائية عالية في اللون الخفيف يمكن أن تعامل لإزالة اللون بواسطة الأكسدة مع الأوزون وتمتص إلى الكربون الممتص.

التغيرات في اللون من اللون المرئي العادي يمكن أن يقدم إنذاراً لاحتمال تغيرات نوعية أو علامات للصيانة والتي يجب أن يتم البحث عنها. كما أنها ربما على سبيل المثال، تعكس التحلل للمصدر المائي، ومشكلات التآكل في أنظمة التوزيع، التغيرات في أداء عمليات المعالجة المدمجة (مثل مرشح الكربون النشط) وما إلى ذلك. من البساطة والقلة، القياس باستخدام جهاز شدة الضوء النسبية بين مختلف أجزاء الطيف (spectrophotometer) أو مقياس الشدة اللونية (colorimeter) أو باستخدام مقارنة مرئية مع معيار معلوم.

### (٢,٣,٤) الرقم الهيدروجيني

يؤثر الرقم الهيدروجيني للماء مع عمليات المعالجة، خصوصاً التخثير والتطهير مع مركبات كلورين القاعدية. التغيرات في الرقم الهيدروجيني للمصدر الماء لا بد وأن يبحث عنها لكونها ثابتة بارامير نسبياً فوق الفصل القصير وأي تغيّر غير عادي ربما يعكس الحدث الأساسي. الرقم الهيدروجيني عادة يتم ضبطه كجزء من عملية المعالجة كما يجب ملاحظته باستمرار. جهاز الفحص المستمر وسجل النتائج متاحة عند سعر معقول، كما أن شريط من الورق البسيط أو اختبارات اللون متاحة أيضاً، بينما هذه ذات سعر أقل فإنها يمكن أن تقدم معلومات ذات قيمة. طرق الفحص غير مكلفة، تتطلب مهارة عادية وتنجز روتينياً بواسطة العديد من المعامل وربما يكون هناك تواصل في الموقع.

**(٢,٣,٥) المواد الصلبة**

يحتوي الماء عادة على بعض الجزيئات العضوية الخاصة والتي تتراوح بين العضويات القاعدية أو المواد غير العضوية والتي لا تصفى إلى الغرين، الطحالب، العوالق أو الأنقاض لجميع الأنواع والتي يمكن بسرعة أن تصفى تماماً.

في خزانات خزن الماء الخام والأجزاء الأخرى الكبيرة، فإن الأمراض يمكن أن تستخدم لقياس عمق الماء خلال ما يرى واضح من القرص (مثل الشفافية). العوالق الصلبة يمكن قياسها بطريقة غير مباشرة كعكارة، والتي تعتمد على تشتت الضوء بواسطة الجزيئات في الماء (انظر الفقرة ٢,٣,٦) أو بواسطة عدد حجم الأجزاء (انظر الفقرة ٢,٣,٧). محلل حجم الأجزاء، جهاز Nephelometer والطرق الكيمو فيزيائية تقدم قياسات دقيقة للمواد الصلبة في الماء.

المواد الصلبة يمكن أن تذيب الصلبة أو المعلقات الصلبة في الماء: معاً فإنها يشار إليها على أنها الصلبة الكلية. كما يمكن قياسها مباشرة، منفصلة أو معاً بواسطة الفرق الكيمو فيزيائية باستخدام اتحاد من الترشيح والتبخير.

الماء المتبقي بعد التبخير قبل الترشيح وبعده وذلك خلال مرشح سعته ٠,٢ ميكروميتر نسب إليه بالترسيب على أنه الصلبة الكلية، والأملاح الكية الذائبة.

طرق القياسات تم شرحها بوضوح (APHA, AWWA, WFE, 1998)، وتتضمن خطوات بسيطة مثل الترشيح، التبخير أو التجفيف عند درجات حرارة خاصة، ونتائج الوزن تسجّل بالمليجرام/لتر.

تؤثر كمية المواد الصلبة في الماء على كلٍ من عمليات الإزالة والتطهير. يتغير محتوى المواد الصلبة في الماء معنوياً مع الفصول وحدوث تساقط الأمطار. التغيرات غير الاعتيادية في كمية أو نوع المواد الصلبة في المصدر أو الماء المعامل لا بد من بحثها. المواد

الصلبة، ما إذا كانت الكلية أو الذائبة، يمكن أن تقدم معلومات عن مستوى التلوث المائي. المواد الصلبة يمكن أن تؤثر على الطعم وهيئة ماء الشرب. أكثر قليلاً، فإن الزيادة المعنوية في مستويات المواد الصلبة يمكن أن تنسب إلى التركيز من مدى المصادر مثل الماء الجاري من السطح ووجود الملوثات المائية.

التحاليل الإيصالية يمكن أن تستخدم لعكس تراكيز الأملاح الكلية الذائبة ويمكن أن تطبق على طول الخط، على الرغم من أن التوصيل يعكس أساساً المحتوى المعدني.

نسبياً فإن كمية ضئيلة من ملوحة الماء تحدث تغيراً واضحاً في التوصيل ويمكن أن تقدم مؤشراً للتلوث مع المياه كثيرة الملوحة، مثل معظم أنواع الملوثات المائية (بالرغم من الملوثات المائية نموذجياً أكثر طلب أهمية للملوحة من الماء العذب السطحي).

العديد من طرق الاختبارات للمواد الصلبة مكلفة، البعض منها يتم عمله في الحقل أو حالاً، والبعض يتطلب بناءً تقريبياً، والأخرى يمكن إنجازها روتينياً بواسطة العديد من المعامل مع تقديم النتائج خلال ساعات.

**(٢,٣,٦) العكارة**

تقاس العكارة في الأجسام الصلبة المعلقة. وقد تم إفرادها هنا، بسبب أنها ربما ذات التطبيق الأكثر أهمية وتستخدم بتوسع القياسات البارامترية غير الميكروبية والتي يمكن أن تقدم معظم النتائج المفيدة من خلال عملية استخلاص ومعامله الماء.

لا تتصاحب خصوصاً مع المادة البرازية، وكما أن الزيادة في العكارة غالباً يصاحبها زيادة في أعداد المرضات، متضمنة الحويصلات أو البويضات. العكارة غالباً تحدد بواسطة قياس كمية الضوء المتشتت بواسطة جزيء المادة في الماء باستخدام جهاز

nephelometer . الأجهـزة لقيـاس العكـارة تعـاير باسـتخدام قياسـات تجاريـة مـضمونة ومتاحـة لمعلقـات مـن formazin معلومـة في جهـاز Nephelometric وحـدات العكـارة (NTU). المستوى المنخفض يقاس عن طريـق جهـاز neplelometer الحـديث وهـو حـوالي ٠,٠٢ NTU. أجهـزة Nephelometers متاحـة كخـط متواصـل لعـدادات متريـة عكاريـة ويمكن أن تقدم نتائج دقيقة بتنوع لفعالية الماء المعامل. يمكـن للنتـائج أن تجمـع إلكترونياً وتحفظ في هيئة رقمية للتسجيل ، للتحليل أو كجزء من عملية مراقبة تخطيطية.

العاملون في مجـال المـاء المستخدمون للمرشـحات لا بـد أن يكونـوا قـادرين علـى اكتساب أحجام ٠,٥ NTU أو أقل.

استناداً إلى الأنظمة في مختلف الدول فإن الأحجام خاصة تتراوح بـين ٠,١ إلى ٥ NTU في الماء المعامل النهائي. عندما يكون الدعم المادي غـير متـاح لاسـتمرار الكـشف ، فإن قائمة القياسات عند فواصـل مـسموحة ومتكـررة يمكـن الحـصول عليهـا باسـتخدام أجهـزة منقولـة بـسيطة منخفـضة التكـاليف بعـد هـذه الأجهـزة وسـائل حاسـب بـسيطة. طريقة العكارة الرخيصة جداً تعتمـد علـى الـشفافية ، والـتي يمكـن أن تـستخدم القيـاس أقـل مـن ٥ NTU ، هـذه ذات فائـدة في حـالات الإمـدادات الـسكانية الـصغيرة حيـث أن المستوى العالي الحساسية غير مهم (WHO, 1997).

تؤثر عكارة المـاء في عمليـات المعالجـة وخـصوصاً الـتطهير مـع قواعـد كيميائيـات الكلورين. من الأهمية معرفة صفات العكارة للمـصادر المائيـة للاسـتجابة للـتغيرات غـير المفردة في العكارة. العكارة لمـصادر الأسـطح المائيـة ربـما تكـون متـأثرة بـشدة عـن طريـق أحداث سقوط الأمطار أو نمو الطحالب ، وعليه فإن عمليات المعالجـة لا بـد أن يوصـى بها للاستجابة لمثل تلك التغيرات.

تمتلك المياه الجوفية نسبياً عكارة ثابتة وأي تغيّر يعكس الحدث الأساسي المطلوب بحثه وتقييمه عن طريق التوصية للمعالجة لحلول نوعية الماء.

غالباً نسبياً فإن التغيرات الصغيرة ربما تكون ذات أهمية لتفشي مزمن Cryptosporidiosis المتصاحب مع التغيرات البسيطة في العكارة لوقت قصير نسبياً (Waite, 1997).

العكارة أيضاً قياس جيد لمدى تمت فيه إزالة عمليات المعالجة للمادة المعلقة. عكارة المرشح المائي لا بد وأن تفحص عند كل مرشح والنتائج أعلى من الأحجام المتوقعة لا بد من البحث فيها. فحص المرشح المرفق لوحده من عدد من المرشحات ربما لا يكشف إيجاز فقدي قليل للمرشح المفرد. هذه خصوصاً ذات أهمية استناداً إلى إزالة بويضات Cryptosporididal في كونها غير نشطة بواسطة المطهر الحراري، وفاعلية المرشح والتي تعني فقط معاني المعالجة لمراقبتها. الجهاز لاستمرارية الكشف والنتائج المعترف بها متاحة بسعر منخفض نسبياً. طرق الفحص غير مكلفة، وتتطلب بناء تقريبياً، وتنجز روتينياً عن طرق معظم المعامل.

### (٢,٣,٧) تحليل حجم الجزيئات

الجزيئات في الماء تتوزع فقط على مدى واسع من الحجم. عدد وتعريف الجزيئات الكبيرة والطبيعية إحراز جيد بواسطة المجهر (انظر الجزء ٢,٣,٨). أجهزة مختلفة أخرى تم تطويرها لعد وقياس حجم الجزيئات في الماء. تقيس هذه الأجهزة مرور الجزيئات في القسم الحساس والتي فيها كل واحدة تم حسابها وحجمها استناداً إلى جهاز المولد ذي النبضة الإلكترونية. هذا النابض تناسبي لوصف الحجم ونوع الجزيئات. أجهزة المولدات تسجل على عدد الجزيئات لكل قسم من الحجم المختار.

هناك أنواع مختلفة من الأجهزة المتاحة، ولكنها جميعها ذات حاسب آلي، وغالباً معقدة وغالية. و تتطلب أيضاً عيارية باهتمام لتوليد نتائج مقارنة بين مختلف الأجهزة. كما أنها ذات فائدة خاصة في تحديد فعالية الترشيح خلال معاملات مياه الشرب.

مراقبة إزالة الجزيئات ذات مدى ميكروميتر في الحجم ٢-٥ (مثال حجم حويصلات *Giardia* أو بويضات *Cryptosporidium*) تعتبر حالياً تقييم لإثبات فاعلية إزالتها.

عدد الحبيبات يمكن أن يقدم فهرساً عاماً لفاعلية الإزالة كمراقبة بارامترية جيدة النوعية للترشيح. على أي حال، العوامل الأخرى غير الحجم (مثل الشحنة الكهربائية على الجزيئات) ربما تؤثر في خطوات الإزالة. الكشف عن حجم الجزيئات متاح على خطوط الأجهزة، على أي حال، وكما تمت الإشارة إليه سابقاً، فإن الجهاز مكلف ويتطلب بناء عالي المستوى أكثر من تحليل العكارة.

### (٢,٣,٨) التحليل المجهري للجزيئات

يقدم التحليل المجهري للجزيئات معلومات مجهرية عن طبيعة الجزيئات في الماء. الجزيئات الحيوية (الحويصلات، الديتومات، الفطريات، العوالق الحيوانية والنباتية) والجزيئات غير العضوية توصف ويمكن عدّها. من المهم تعريف التلوث في الماء الجوفي، عن طريق تجهيز معلومات عن طبيعة وكيفية نشوء التلوث. الماء الجوفي يتأثر بواسطة السطح المائي والذي يحتوي تماماً بكميات معنوية من الطحالب وجزيئات أخرى لا توجد عادة في الماء الجوفي المحمي. أساساً ذات حجم في أداة البحث والاكتشاف (انظر الفصل السابع) أكثر من كونها كشف روتيني يتطلب التحليل شخصاً ذا تدريب جيد، كما أن الزمن المستهلك والمنجز يتم بواسطة معاملة قليلة.

### (٢,٣,٩) التحليل المجهري للجزيئات

يعتبر مطهّر الكلورين من أهم مطهرات معاملة المياه. للعديد من الممرضات البكتيرية، وبعض الفيروسات، فإن المطهّر الحراري يعتبر نقطة مراقبة حرجة للمعاملة وعليه فإن القياس الملائم ومراقبة عمل المطهّر وزمن الاتصال (بجانب قياس القيم الهيدروجيني والعكارة) أمر هام.

قياسات عمل المطهّر، والمتبقي المتحصل عليه وزمن الاتصال نتائج أساسية وتقدم مستوى منخفضاً لنوعية مستوى معاملة الماء وتركيز المتبقي خلال وبعد التطهير يتطلب قياساً عند معظم المعاملة المائية. عندما تكون هناك إمكانية فإن التركيز المتبقي بعد الاتصال لن ولن يراقب باستمرار، مع إنذارات ملائمة لمغادرات فردية من مدى الهدف من المعايير سابقاً، وفي بعض الحالات، فإن تجهيز سابق لإغلاق أتوماتيكي لعملية المعاملة ربما تكون ملائمة. والأجهزة للضبط المستمر وألواح النتائج متاحة أيضاً بأسعار معقولة. الفحوص اللونية البسيطة وغير الغالية التي تستخدم طرق المعايرة أو العدّة متاحة للتحديد اليدوي نسبياً بواسطة شخص قليل المهارة.

### (٢,٣,١٠) المادة العضوية

نتائج مستوى المادة العضوية في الماء المعامل تقدم مؤشراً عن الفاعلية لإعادة نمو البكتيريا متباينة التغذية (والمتضمنة *aeromonads* ، *pseudomonads*) في أنظمة الحفظ والتوزيع. يمكن قياس المادة العضوية كمحتوى كلي للكربون العضوي (TOC)، المتطلب الأوكسجيني الحيوي (BOD) أو كمتطلب أوكسجيني كيميائي (COD). المتطلب الأوكسجيني الحيوي (BOD) يستخدم أساساً مع ماء المخلفات والماء السطحي الملوث، (TOC) فقط باراميتر ملائم لماء الشرب قياس تلك البارامينر الثلاث تتطلب تجهيزات معملية أساسية وشخصاً ذا كفاء تدريبية. قياس (TOC) يمكن الحصول عليه

الآن على خط الجهاز. النتائج تقدم معلومات عن كمية المادة الموجودة في الماء ليست كل المادة العضوية المتاحة لتدعيم النمو البكتيري. على الرغم من أن (BOD) تعمل إلى درجة، فإن عدد من الأجهزة مثل المشابه المعلّم للكربون العضوي (AOC) قد تم تجهيزها. هذه الطرق الأخيرة تتطلب شخصاً ذا خبرة وتجهزاً معملياً جيداً.

**(٢,٣,١١) بارامترات كيميائية خاصة**

تتأكسد الأمونيا بسرعة في البيئة وتوجد عموماً في المياه الطبيعية عند تراكيز أقل من ٠,١ ملليجرام/لتر. التراكيز المعنوية أعلى من مؤشر التلوث الواضح بواسطة المخلفات الصحية الحديثة، والتي فيها مستويات الأمونيا نموذجياً عالية جداً (عشرة إلى مئات ملليجرام/لتر). نسبياً فإن بساطة وسرعة الفحوصات في الحقول متاحة لقياس الأمونيا والتي يمكن استخدامها كعرض أساسي.

تتحد الأمونيا بسرعة مع الكلور لإنتاج كلور الأمين والذي يعد أقل فاعلية في التطهير ولكنه أكثر ثباتاً.

تم تجهيز قياس البورون كمؤشر للتلوث البرازي. أملاح البورون تم استخدامها كمرطب وفلوريت الكالسيوم كمبيّض في مساحيق التنظيف، مما ينتج عنه وجودها في الماء الملوث. استخدامها، على أي حال، قد تم إيقافها بتوسع والتي تخفّض بوضوح حجم هذه القياسات كمؤشرات للتلوث بمخلفات المياه والصرف الصحي.

المواد المفرزة، مثل هوائيات البراز، مفرزات البروتين المناعي من النوع A، كافيين، يوروبلين وأعداد أخرى للقياسات تم اقتراحها كمؤشرات للتلوث البرازي.

ملاحظتها وقياسها يتطلب عادة معامل ذات تجهيز جيد مع شخص ذي خبرة. البحث عن استخدام هذه القياسات متطور وكما هو حالياً، فإنه لا يوصى بها في الكشف الروتيني.

**الجدول رقم (٢,٣). الوصف التحليل القياسي غير الميكروبي.**

| بارامیتر | سرعة القياس | إمكانية الخط الكشف أو الأوتوماتيكي | الثمن | الصعوبات التقنية |
|---|---|---|---|---|
| أحداث سقوط الأمطار | H | H | L | L |
| الجريان | H | H | L | L |
| اللون | H | H | L | L |
| الرقم الهيدروجيني | H | H | L | L |
| الصلبة (الكية والذائبة) | M | L | M | M |
| التوصيل | H | H | L | L |
| العكارة | H | H | L | L |
| تحليل حجم الجزيئات | H | H | H | H |
| تحليل الجزيئات المجهري | H | L | H | H |
| المتبقي من المطهر | H | H | L | L |
| المادة العضوية (TOC ، BOD ، COD) | M | H | M | M |
| الأمونيا | H | M | M | M |
| المنظفات (بورون – الفلورايت الجيري) | ■ | ■ | ■ | ■ |
| مفرزات البراز البروتين المناعي A، كافيين، يوروبلين | ■ | ■ | ■ | ■ |

المفتاح: L : منخفض M: متوسط H: عالي ■ : غير ملائم

**الجدول رقم (٢,٤). البارامتر غير الميكروبي التطبيقي والملائم.**

| بارامتر | فحص صحي (مثبت) | وصف مصادر الماء | وصف الماء الجوفي | فاعلية المعاملة (الإزالة) | فاعلية المعاملة (التجهيز) | الماء المعامل | نظام التوزيع (الدخول) | نظام التوزيع (إعادة النمو) | بحث التفتيشي |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| أحداث سقوط المطر | S | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | S |
| جريان | S | | ■ | ■ | S | S | ■ | S | S |
| اللون | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | S | ■ | ■ | S |
| الرقم الهيدروجيني | ■ | ■ | ■ | ■ | S | ■ | ■ | ■ | S |
| الصلبة (الكية والذائبة) | S | S | S | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | S |
| التوصيل | S | S | S | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | S |
| العكارة | S | S | S | S | ■ | ■ | ■ | ■ | S |
| تحليل حجم الجزيئات | ■ | ■ | ■ | S | ■ | ■ | ■ | ■ | S |
| التحليل المجهري للجزيئات | ■ | ■ | S | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | S |
| المتبقي من المطهر | ■ | ■ | ■ | ■ | S | S | SA | ■ | S |
| المادة العضوية (TOC، BOD، COD) | S | S | S | ■ | ■ | ■ | ■ | S | S |
| الأمونيا | S | S | S | ■ | ■ | ■ | ISD | ■ | S |
| المنظفات (بورون — الفلوريت الجيري) | NR | NR | NR | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| مفرزات البراز البروتين المناعي A، كافيين، يوروبلين | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

المفتاح: S: ملائم SA: ملائم خياري ISD: نتيجة ناقصة NR: لا يوصى به ■ غير ملائم

## (٢,٤) الملخص

ليكون ماء الشرب صحياً لا بد من عدم وجود خطر العدوى (التلوث)، أو أن يحتوي على تراكيز غير مقبولة من الكيميائيات الخطرة للصحة ومقبول جمالياً للمستهلك.

أخطار العدوى التي تتصاحب مع مياه الشرب أساساً تلك التي تحدث بواسطة التلوث البرازي، ومراقبتها تعتمد على القدرة على تحليل الأخطار القادمة من أي مصدر مائي مع تطبيق معاملة ملائمة للحد من الأخطار المعروفة.

أكثر من المحاولة لكشف وجود المرضات، عند زمن حدوث تعريض الاستهلاك لإمكانية العدوى، فإن التطبيق عن الكائنات الحية، وذلك يظهر وجود التلوث البرازي و تعد ذات فاعلية لوجود الممرضات، والعدد من القياسات الميكروبية تم استخدامها كمؤشر إحيائي لإعطاء مؤشر عن كمية التلوث البرازي للمصدر المائي، المتقدم البارز بكتيريا *E. coli* . من المهم أيضاً القدرة على التأكد من فاعلية خطوات المعالجة عند التخلص من أي ممرضات والتي ربما تتواجد في المصدر غير المعالج، والمؤشر الإحيائي يؤكد تلك الحقيقة.

بينما المؤشر الجيد يحتاج لأن يكون مقاوماً لخطوات المعالجة كمعظم الممرض فعال المقاومة، فإنه لا إشارة بارامترية مثالية. في الأساس، فإن المعالجة لا بد أن تكون قادرة لإزالة كل البكتيريا غير المكونة للجراثيم والفيروسات المعوية والأقل واجب إجباري، فان اختيار البارامير يجب أن يكون للأكثر ملاءمة. هناك عدد من الباراميترات الميكروبية ذات بعض الأهمية كمؤشرات أو دلائل وتلك تمت مناقشتها.

نوعية المياه يمكن أن تتلوث في التوزيع؛ بسبب دخول أو إعادة النمو وعليه فإن قياس إعادة فاعلية النمو تم شرحه. كما أن العدد من الباراميترات غير الميكروبية تم شرحها، والتي تعطي معلومات ذات نفع عن النوعية، والتغيرات في النوعية، للمصادر المائية وفاعلية خطوات المعاملة.

# المراجع

Allen, MJ., Clancy, J.L. and Rice, E.W. (2000) Pathogen monitoring - old baggage from the last millennium. *Journal of the American Water Works Association* 92(9), 64-76.

Anon (1994) *The Microbiology of Water* 1994: *Part* 1 - *Drinking water.* Reports on Public Health and Medical Subjects, No. 71. Her Majesty's Stationery Office, London.

Anon (1999) *Waterborne pathogens.* A WW A Manual of water practices, M48. American Water Works Association, Denver, Colorado.

Armon, R. and Kott, Y. (1995) Distribution comparison between coliphages and phages of anaerobic bacteria *(Bacteriodes fragilis)* in water sources and their reliability as faecal pollution indicators in drinking water. *Water Science and Technology* 31(5-6), 215-222.

APHA, A WW A, WEF (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters, 20th Edition.* American Public Health Association, Washington, DC.

Bartram, J. and Ballance, R. eds. *(1996)Water Quality Monitoring. A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes.* E & FN Spon, published on behalf of World Health Organization and the United Nations Environment Programme

Chin, J. (2000) *Control of Communicable Diseases Manual. 1th Edition.* American Public Health Association, Washington, D.C.

Clark, J.A. (1968) A presence-absence (P A) test providing sensitive and inexpensive detection of coliforms, fecal coliforms and fecal streptococci in municipal drinking water supplies. *Canadian Journal of Microbiology* **14,** 13-18.

Clark, J .A. (1980) The influence of increasing numbers of non indicator organisms on the membrane filtration and P-A tests. *Canadian Journal of Microbiology* **15,** 827-832.

Fujioka, R., Sian-Denton, C., Borja, M., Castro, J. and Morphew, K. (1999) Soil: the environmental source of *Escherichia coli* and enterococci in Guam's streams. *Journal of Applied Microbiology SymposiumSupplement* **85,** 83S-89S.

Gleeson, C. and Gray, N. (1997) *The Coliform Index and Waterborne Disease.* E and FN Spon, London. pp194.

Grabow, W.O.K. (2001) Bacteriophages: Update on application as models for viruses in water. *Water SA* 27(2), 251-268.

Hsu, F.-C., Shieh, Y.-S.C. and Sobsey, M.D. (1995) Genotyping male-specific RNA coliphages by hybridization with oligonucleotide probes. *Applied and Environmental Microbiology* **61**, 3960-3966.

Hurst, C.J., Knudsen, G.R., McInerney, M.J., Stetzenbach, L.D. and Walter, M.V. (2001) *Manual of Environmental Microbiology 2nd Edition.* American Society for Microbiology Press, Washington, DC.

ISO 6461-1 (1986) Water quality - Detection and enumeration of the spores of sulphite-reducing anaerobes (clostridia) - Part 1: Method by enrichment in a liquid medium. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 6461-2 (1986) Water quality - Detection and enumeration of the spores of sulphite-reducing anaerobes (clostridia) - Part 2: Method by membrane filtration. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 9308-1 (1990) Water Quality - Detection and enumeration of coliform organisms, thermotolerant coliforms and presumptive *Escherichia coli*Part 1: Membrane filtration method. International Organization for Standardization, Geneva.

ISO 9308-2 (1990) Water Quality - Detection and enumeration of coliform organisms, thermotolerant coliforms and presumptive *Escherichia coli* Part 2: Multiple tube (most probable number) method. International Organization for Standardization, Geneva.

ISO 10705-1 (1995) Water quality - Detection and enumeration of bacteriophages - Part 1: Enumeration of F-specific RNA bacteriophages. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 10705-2 (1995) Water quality - Detection and enumeration of bacteriophages - Part 2: Enumeration of somatic coliphages. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 10705-4 (1995) Water quality - Detection and enumeration of bacteriophages - Part 4: Enumeration of bacteriophages infecting *Bacteriodes fragilis.* International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Leclerc, H., Edberg, S., Pierzo, V. and Delattre, J.M. (2000) Bacteriophages as indicators of enteric viruses and public health risk in groundwaters. *Journal of Applied Microbiology* 88(1),5-21.

Manja, K.S., Maurya, M.S. and Rao, K.M. (1982) A simple field test for the detection of faecal pollution in drinking water. *Bulletin of the World Health Organization* **60,** 797-801.

Murray, P.R. (1999) *Manual of Clinical Microbiology.* American Society for Microbiology Press, Washington, DC.

Pipes, W.O. and Christian, R.R. (1984) Estimating mean coliform densities of water distribution systems. *Journal of the American Water Works Association* **76,** 60-64.

Sobsey, M.D., Battigelli, D.A., Handzel, T.R. and Schwab, KJ. (1995) *Malespecific Coliphages as Indicators of Viral Contamination of Drinking Water.* American Water Works Association Research Foundation, Denver, Co. pp. 150.

Sobsey, M.D. and Pfaender, F.K. (2002) *Evaluation of the H2S Methodfor Detection of Faecal Contamination of Drinking water.* WHO/SDE/WSH 02.08. World Health Organization, Geneva.

USEPA (2001) *Protocol for Developing Pathogen TMDL. 1st Edition.* EPA 841-R-00-002. US Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.

Waite, W.M. (1991) Drinking water standards - a personal perspective. In: *Proceedings of the UK Symposium on Health-related Water*

*Microbiology.*, Morris, R. *et al.* (Eds.). International Association for Water Pollution Research and Control, London. pp. 52-65.

Waite, W.M. (1997) *Assessment of Water Supply and Associated matters in Relation to the Incidence of Cryptosporidiosis in Torbay in August and September* 1995. Drinking Water Inspectorate, London.

WHO (1993) *Guidelines for Drinking water Quality, Volume* 1: *Recommendations.* World Health Organization, Geneva.

WHO (1996) *Guidelines for Drinking water Quality, Volume* 2: *Health criteria and other supporting information.* World Health Organization, Geneva.

WHO (1997) *Guidelines for Drinking water Quality, Volume* 3: *Surveillance and control of community supplies.* World Health Organization, Geneva.

WHO (2001) *Guidelines for Drinking water Quality. Addendum: Microbiological agents in drinking water.* World Health Organization, Geneva.

